

PEMBANGUNAN PERISIAN BAGI PENGESANAN DEFORMASI
MENGUNAKAN KAEDAH GEODETIK

(SOFTWARE DEVELOPMENT FOR DEFORMATION DETECTION USING
GEODETIC METHODS)

ZAINAL ABIDIN BIN MD SOM

Laporan ini dikemukakan kepada
Research Management Centre
Universiti Teknologi Malaysia
Sebagai Laporan Akhir Projek Penyelidikan Vot 74156

Fakulti Kejuruteraan Dan Sains Geoinformasi
Universiti Teknologi Malaysia

DISEMBER 2006

“Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya”.

Tandatangan :
Nama Penulis : ZAINAL ABIDIN BIN MD SOM
Tarikh : 1 Disember 2006

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan penghargaan kepada pihak Ministry of Science, Technology and Innovation (MOSTI) Malaysia yang telah memberikan peruntukan bagi membiayai penyelidikan ini. Penghargaan yang serupa juga ditujukan kepada pihak Research Management Centre (RMC), Universiti Teknologi Malaysia yang memberikan bantuan dan kerjasama dalam aspek pengurusan berkaitan penyelidikan ini.

Penulis juga mengambil kesempatan untuk menghargai sumbangan pembantu-pembantu penyelidik iaitu Ernyza bt Endot, Mohd Izzudin Ali dan Puan Suraya Ibrahim yang telah banyak membantu dalam melaksanakan penyelidikan ini.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Deformasi dapat ditakrif sebagai berlakunya perubahan bentuk pada sesuatu objek. Deformasi tersebut boleh dikesan melalui pengukuran menggunakan kaedah geodetik yang dikenali juga sebagai ukur deformasi. Objek yang terlibat dalam ukur deformasi dapat dibahagikan kepada dua kategori iaitu deformasi benda atau struktur dan deformasi fizikal atau permukaan bumi.

Antara contoh-contoh objek dan struktur yang terlibat dengan pemakaian ukur deformasi adalah struktur binaan seperti empangan, jambatan, terowong dsb. Bagi deformasi dalam kategori fizikal pula contohnya adalah fenomena mendapan tanah, pergerakan tektonik, perubahan fizikal setempat akibat gempa bumi, tsunami dan sebagainya. Perbincangan lebih lanjut mengenai pengenalan ukur deformasi boleh dirujuk dari Zainal Abidin (2002).



Rajah 1.1 Ukur deformasi struktur jambatan menggunakan GPS
(Tsing-Ma Bridge, Hong Kong)



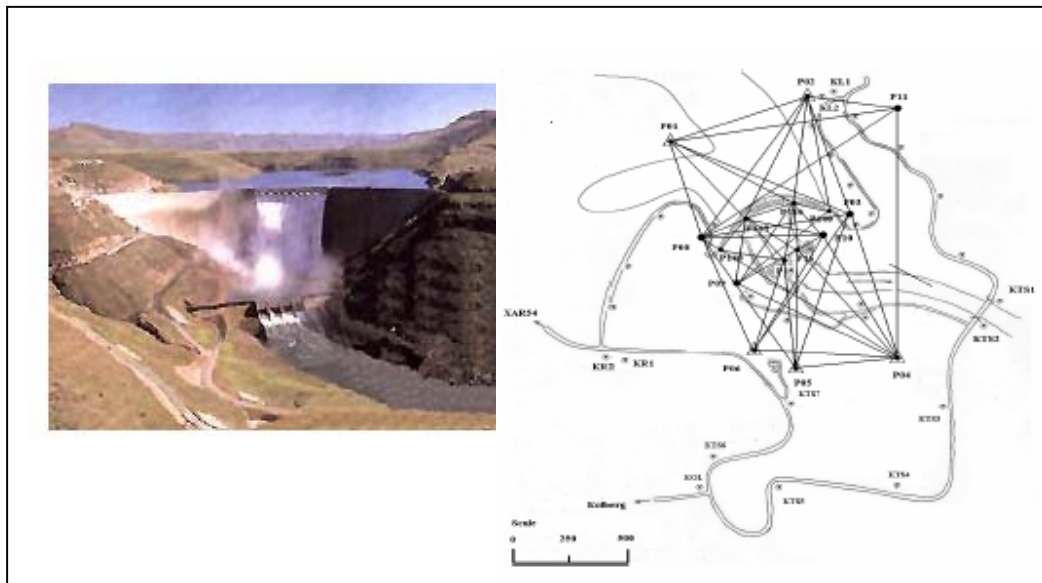
Rajah 1.2 Ukur deformasi di Empangan Elektrik Hidro Kenyir

1.2 Skop analisa deformasi

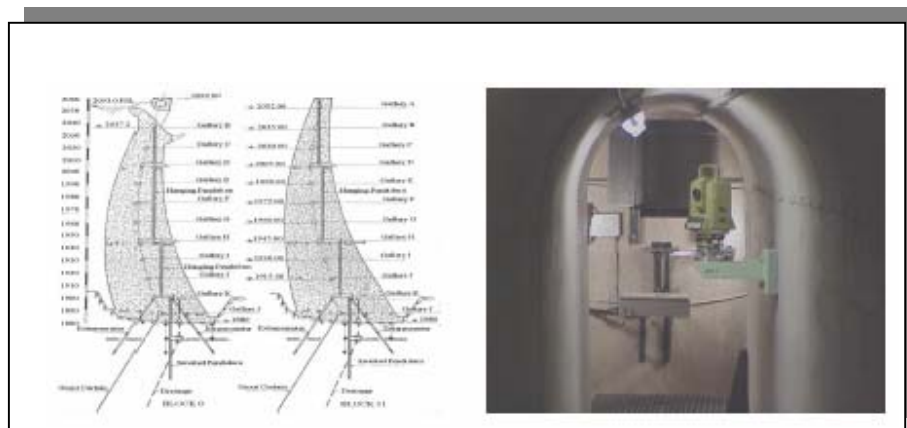
Analisa deformasi adalah suatu analisis yang mempunyai skop yang luas. Skop analisa deformasi boleh dibahagikan kepada beberapa kategori seperti berikut;

1. Jenis analisis yang dibuat.
 - a) analisis geometri
 - b) interpretasi fizikal
2. Sistem koordinat yang digunakan iaitu
 - analisa 1D; 2D atau 3D
3. Jenis jaringan yang digunakan (bergantung kepada bentuk deformasi yang berlaku)
 - a). jaringan absolut
 - b). jaringan relatif
4. Kaedah dan peralatan yang digunakan.
 - a). Kaedah geodetik – melibatkan teknik cerapan konvensional (jaringan triangulasi); jaringan GPS; fotogrametri dsb.
 - b). Gabungan kaedah geodetik + non-geodetik (geoteknik) -menggunakan peralatan geoteknik seperti strainmeter, extensometer, tiltmeter pendulum dsb.
5. Model analisa yang digunakan – sama ada model statik, dinamik atau kinematik.

Skop yang dipilih bagi kajian dalam laporan ini meliputi aspek berikut – analisa geometri 2D dalam kes jaringan absolut menggunakan data cerapan geodetik.



Rajah 1.3 Jaringan absolut ukur deformasi empangan



Rajah 1.4 Pemakaian alat pendulum untuk perolehan data dengan peralatan geoteknik

1.3 Pernyataan Masalah

Menyadari mustahaknya sumbangan analisa deformasi di dalam berbagai bidang seperti ukur, kejuruteraan, geosains dsb telah menjadikan ukur deformasi sebagai satu disiplin yang bersifat global. Ini dapat dilihat dari persidangan yang kerap diadakan khususnya

oleh pihak Pertubuhan Juruukur Antarabangsa (FIG). Persidangan ini adalah sebagai forum untuk membincangkan segala perkembangan yang berlaku berkaitan dengan pelbagai aspek dalam analisa deformasi. Latar belakang dan status terkini aktiviti FIG berkaitan analisa ukur deformasi boleh diperolehi dari laporan oleh Chrzanowski et. al (2003).

Prosedur menganalisa deformasi telah menjadi semakin “rigorous” dengan pelbagai metodologi telah diketengahkan. Perkembangannya bermula pada penghujung tahun tujuh puluhan (70-an). Pada ketika itu telah terdapat sejumlah lima pendekatan yang dikemukakan sebagai metodologi untuk menganalisa deformasi. Metodologi tersebut dikenali sebagai pendekatan-pendekatan Delft, Hannover, Karlsruhe, Munich, dan Fredericton (Chrzanowski et. al., 1981).

Pada umumnya metodologi yang diperkenalkan oleh pendekatan-pendekatan yang di atas menggariskan prosedur untuk melaksanakan analisa deformasi. Setiap pendekatan tersebut memberikan penumpuan kepada aspek tertentu dalam menyelesaikan analisa deformasi. Pendekatan Fredericton umpamanya menyetengahkan strategi untuk menganalisa kestabilan pillar.

Aspek pengujian kestabilan pillar sebenarnya berkait rapat dengan hitungan palarasan jaringan. Hitungan palarasan biasanya dilakukan dengan kaedah kekangan minimum. Prosedur palarasan ini memerlukan pemilihan datum iaitu sekurang-kurangnya satu stesen dianggap sebagai tetap. Kesilapan analisa akan berlaku sekiranya stesen yang tidak stabil dipilih sebagai datum. Keadaan begini boleh menghasilkan satu analisa deformasi yang pincang dan meragukan.

1.4 Objektif Kajian

Menyedari terdapatnya berbagai pendekatan yang telah diperkenalkan maka kajian ini memfokus kepada satu daripada kaedah yang ada iaitu menggunakan Pendekatan

Fredericton. Secara khusus kajian akan ditumpukan kepada pemakaian kaedah Fredericton bagi menganalisa deformasi menggunakan data geodetik dalam bentuk jaringan triangulasi melibatkan cerapan sudut mengufuk dan jarak. Objektif utama kajian adalah untuk menghasilkan program komputer yang mengandungi rutin berdasarkan algoritma Pendekatan Fredericton untuk tujuan menganalisa deformasi.

1.5 Organisasi Penulisan

Penulisan laporan ini adalah meliputi kandungan yang disusun dalam enam Bab. Penerangan mengenai pengenalan dan skop analisa deformasi serta latar belakang kajian yang diusahakan diletakkan di Bab 1. Bab 2 pula menghuraikan tentang kaedah dan prosidur dalam melakukan analisa deformasi. Bab 3 pula menjelaskan tentang Pendekatan Fredericton iaitu metodologi yang digunakan untuk analisa deformasi dalam kajian ini.

Selanjutnya, dalam Bab 4 perbincangannya berfokus kepada penjelasan mengenai reka bentuk dan juga cara pemakaian program analisa deformasi yang dibangunkan. Kandungan di Bab 5 menunjukkan suatu pelaksanaan analisa deformasi menggunakan perisian yang telah dibangunkan. Laporan di akhiri dengan Bab 6 yang memuatkan kesimpulan dan mengusulkan cadangan yang dapat diusahakan sebagai kajian lanjutan di masa depan.

BAB 2

PROSIDUR ANALISA DEFORMASI

2.1 Pendahuluan

Untuk membolehkan ukur deformasi dianalisa dengan lengkap tugas tersebut perlulah mengikuti peringkat kerja seperti berikut;

1. Pra-analisis
2. Pengukuran dan cerapan lapangan
3. Hitungan pelarasan jaringan
4. Penentuan kestabilan stesen kawalan
5. Analisis tren
6. Permodelan deformasi
7. Interpretasi fizikal

Walau bagaimana pun, pada amalannya tidak kesemua peringkat kerja di atas perlu diselesaikan. Ada prosidur yang masih boleh ditinggalkan dan ada pula keadaan yang mengecualikan peringkat hitungan tertentu. Umpamanya, kerja perolehan data masih

boleh dilakukan meski pun pra-analisis tidak dibuat. Permodelan deformasi serta interpretasi fizikal pula merupakan analisis peringkat lanjutan dan dalam keadaan tertentu mereka boleh ditinggalkan. Contohnya, permodelan deformasi menjadi tidak perlu sekiranya analisis tren menunjukkan tiada deformasi yang berlaku.

Memandangkan terdapatnya berbagai peringkat hitungan dalam menganalisa deformasi maka ada tiga persoalan penting yang perlu difahami bagi setiap peringkat tersebut iaitu apakah? kenapa? dan bagaimana? Sebagai menjawabnya berikut disenaraikan beberapa ciri penting mengenai setiap prosedur yang terlibat dalam menganalisa deformasi.

2.2 Pra-analisis

Tujuan melakukan pra-analisis ialah;

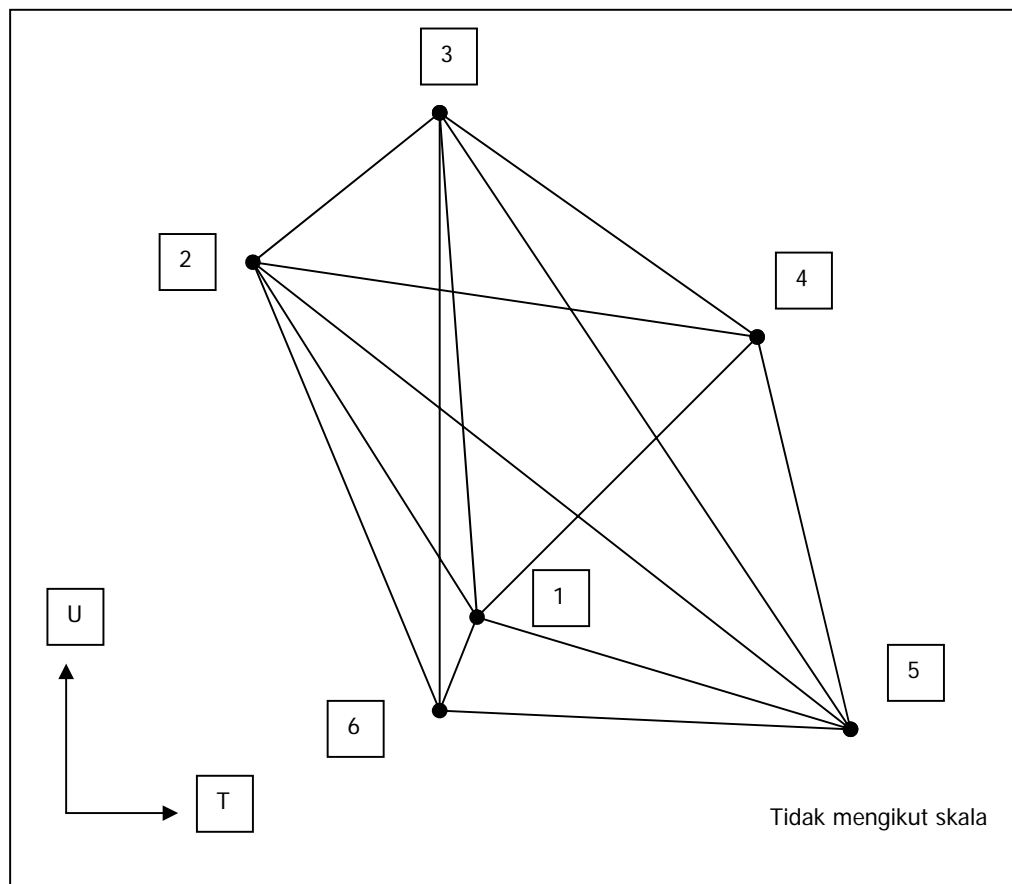
1. Untuk menyediakan satu reka bentuk jaringan yang optimal supaya hasil kerja yang diperolehi memenuhi spesifikasi yang diperlukan.
2. Untuk memutuskan bentuk skema pengukuran yang akan digunakan.
 - jenis cerapan yang akan dicerap
 - bilangan atau amaun cerapan yang perlu dicerap
3. Menyelesaikan analisis awal mengenai kejituan yang dijangkakan bagi cerapan iaitu menganggarkan ralat cerapan tersebut.
4. Menentukan jenis dan spesifikasi peralatan yang akan digunakan.
 - menyediakan skema cerapan
 - menentukan kejituan cerapan serta penganggaran ralat cerapan

2.3 Pengukuran & cerapan lapangan

Kerja pengukuran adalah peringkat yang penting dan melibatkan kerja ukur di lapangan bagi tujuan perolehan data cerapan. Kerja ulur lapangan perlu diselesaikan dengan

menuruti skema cerapan yang diputuskan di peringkat analisis. Apabila pengukuran telah selesai maka disusuli pula dengan pemprosesan data yang meliputi tugas untuk penilaian terhadap data cerapan disegi kualiti dan juga penentuan pemberat mereka.

Berikut diberikan data pengukuran yang digunakan untuk kajian yang dilaksanakan bagi laporan ini. Dua epok cerapan telah dicerap untuk satu jaringan deformasi seperti berikut.



Rajah 2.1 Simulasi jaringan kawalan ukur deformasi

Kerja pengukuran lapangan bagi jaringan di atas melibatkan sejumlah 15 cerapan jarak dan 23 cerapan sudut mengufuk. Kesemua data cerapan beserta koordinat anggaran titik kawalan ditunjukkan seperti senarai di Lampiran 1.

2.4 Hitungan pelarasan jaringan

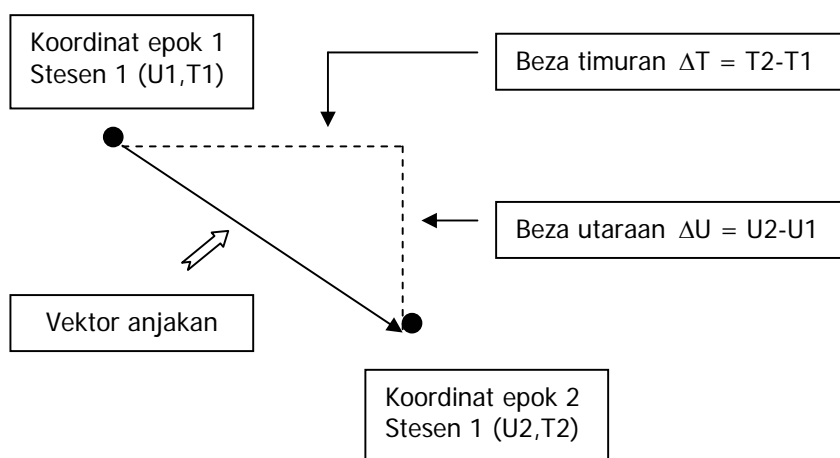
Hitungan pelarasan jaringan dilakukan untuk menentukan koordinat bagi stesen kawalan dan juga titik objek yang terdapat dalam jaringan deformasi. Teknik pelarasan ganda dua terkecil yang paling mudah dan biasa digunakan ialah kaedah kekangan minima (minimum constraint). Pelarasan cara kekangan minima dilakukan dengan kriteria yang melibatkan pemilihan datum dengan opsyen berikut;

- sekurang-kurangnya satu stesen sebagai berkoordinat tetap
- menetapkan azimuth bagi satu garisan dalam jaringan
- memilih dua stesen sebagai berkoordinat tetap

Selain dari kaedah kekangan minima terdapat beberapa lagi kaedah lain yang boleh digunakan untuk tujuan pelarasan ganda dua terkecil bagi jaringan deformasi. Sebagai contoh pelarasan jaringan boleh juga dilakukan dengan kaedah free network, kaedah robust dan sebagainya yang mana kesemua kaedah tersebut digolong sebagai pelarasan peringkat lanjutan.

2.5 Menghitung vektor anjakan

Langkah berikutnya ialah menghitung vektor anjakan bagi setiap stesen kawalan.



Vektor anjakan di takrifkan oleh dua elemen iaitu magnitud atau saiz anjakan (d) dan arah atau orientasi anjakan tersebut (α). Elemen anjakan dihitung berdasarkan kepada perbezaan koordinat di antara epok 2 berbanding epok 1.

- a). Magnitud anjakan, d dihitung menggunakan asas berikut,

$$d^2 = [\Delta U]^2 + [\Delta T]^2$$

$$\therefore d = [(U_2 - U_1)^2 + (T_2 - T_1)^2]^{1/2}$$

- b). Arah atau orientasi anjakan adalah bergantung kepada di sukuan mana ianya terbentuk. Bagi kes seperti rajah di atas vektor anjakan berada di sukuan kedua maka arah anjakan ialah $\alpha + 90^\circ$ di mana α dihitung sebagai $\tan^{-1} \{[\Delta U] \div [\Delta T]\}$.

$$\alpha = \tan^{-1} \{ [\Delta U] \div [\Delta T] \}$$

2.6 Prosedur khusus analisa deformasi

Prosedur yang telah dibincang di atas merupakan perkara asas yang perlu dilakukan dalam sebarang analisa berkaitan ukur deformasi iaitu setakat hitungan pelarasan. Sekiranya klien hanya mahukan status tentang perbezaan koordinat (i.e., kadar anjakan) maka hitungan yang perlu diselesaikan memadai setakat menyelesaikan pelarasan kuasa dua terkecil.

Dalam kes analisa deformasi yang lebih menyeluruh langkah hitungan yang terlibat perlu disambung dengan beberapa prosedur yang lebih khusus. Prosedur yang terlibat meliputi analisa pasca pelarasan, pengujian kestabilan stesen kawalan dan penghasilan analisis tren.

2.6.1 Analisis pasca hitungan pelarasan

Satu kebaikan yang wujud pada hitungan pelarasan kuasa dua terkecil ialah kedapatan peruntukan bagi melakukan analisis pasca kepada hasil hitungan yang diperolehi. Analisis pasca ini memberi satu petunjuk atau isyarat sama ada keputusan hitungan yang terhasil boleh diterima sebagai suatu yang sah atau sebaliknya iaitu masih ada keraguan pada hasil hitungan tersebut.

Analisis pasca bermaksud melakukan pengujian statistik kepada faktor varians aposteriori (σ_o^{**2}) iaitu satu elemen yang dihitung dalam proses pelarasan tersebut di mana,

$$\sigma_o^{**2} = (V^T P V) \div [n - u]$$

Hitungan di atas melibatkan komponen V yang dipanggil residual yang mana nilainya diperolehi melalui proses hitungan yang diselesaikan melalui langkah pelarasan kuasa dua terkecil. Selanjutnya, ujian statistik kepada faktor σ_o^2 dilakukan seperti mana berikut,

$$(n-u) \sigma_o^{**2} \div \chi^2_{\alpha/2} \leq \sigma_o^2 \leq ((n-u) \sigma_o^{**2} \div \chi^2_{1-\alpha/2})$$

di mana σ_o^2 ialah faktor varians apriori ($\sigma_o^2 = 1.0$) dan nilai $\chi^2_{\alpha/2}$ dan $\chi^2_{1-\alpha/2}$ dirujuk dari jadual statistik chi-square.

Sekiranya berlaku kes di mana pelarasan yang dihitung gagal dalam ujian global mereka maka beberapa keputusan boleh dirumuskan berkait kerja tersebut;

1. masih terdapat keraguan pada penyelesaian yang diberikan oleh hitungan pelarasan berkenaan
2. faktor varians aposteriori yang dihitung adalah tidak serasi dengan faktor varians apriori yang digunakan
3. kegagalan ujian global mungkin disebabkan oleh salah satu faktor berikut;
 - wujudnya cerapan yang mengandungi ralat yang dikategori sebagai 'outlier'

- terdapat masalah dalam matriks pemberat yang digunakan
 - kesilapan dalam model matematik yang dipakai
4. Proses pelarasan perlu diulang semula dengan mengambil kira langkah berikut;
- perlu lakukan pengesanan selisih kasar terhadap data cerapan
 - perlu penilaian semula kepada nilai sisihan piawai cerapan
 - hitungan perlu disemak

2.6.2 Pengesanan selisih kasar

Pengesanan selisih kasar merupakan satu lagi prosidur penting di peringkat analisis pasca di samping ujian global ke atas faktor varians aposteriori. Apabila suatu pelarasan gagal dalam ujian globalnya maka hitungan tersebut harus disusuli dengan pengesanan selisih kasar terhadap data cerapan yang digunakan.

Selisih kasar di sini bukan bermakna terdapat ralat yang besar atau berlaku kesilapan dalam data cerapan. Data yang digunakan untuk pelarasan telah pun ditapis lebih awal dengan membuang cerapan yang mengandungi kesilapan serta ralat melebihi limit. Oleh itu selisih kasar yang cuba dikesan ialah untuk mengenal pasti cerapan kelihatan 'bersih' tetapi sebenarnya telah mencatatkan dapatan hitungan pelarasan.

Terdapat beberapa kaedah yang boleh digunakan untuk pengesanan selisih kasar. Antara kaedah yang kerap digunakan ialah kaedah Baarda atau dikenali juga sebagai data snooping. Selain dari kaedah Baarda terdapat juga kaedah Pope, kaedah Danish dan sebagainya yang boleh digunakan untuk pengesanan selisih kasar.

2.6.3 Penentuan kestabilan stesen kawalan

Apabila suatu kerja ukur deformasi telah dihitung pelarasannya dengan kaedah kekangan minima maka langkah selanjutnya yang harus diambil ialah menyelesaikan analisis kestabilan stesen kawalan. Pada kebiasaannya stesen kawalan dalam jaringan ukur deformasi dibina dengan monumen yang dibuat dari konkrit dan dipanggil sebagai pillar. Oleh yang demikian analisis kestabilan stesen kawalan dirujuk juga sebagai analisis kestabilan pillar.



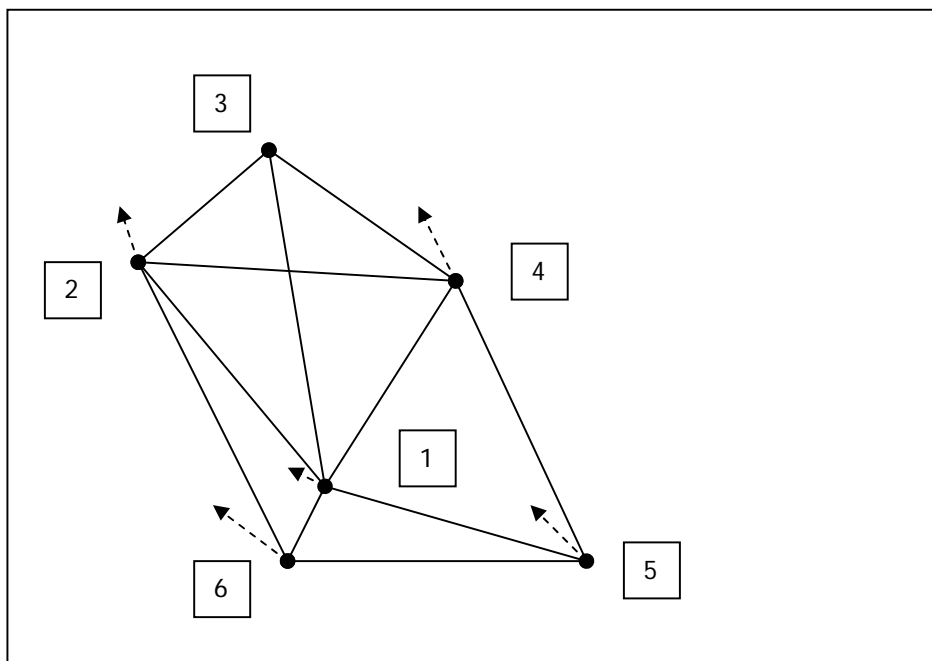
Rajah 2.2 Contoh pillar yang terdapat di stesen kawalan jaringan deformasi

Adalah menjadi satu keperluan dalam pelarasan secara kekangan minima untuk memilih stesen tertentu dalam jaringan sebagai datum. Pada amalnya pemilihan datum ini selalunya dibuat secara sembarangan sahaja tanpa mengetahui keadaan sebenar mengenai kestabilan stesen datum tersebut. Maka analisis kestabilan pillar perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengesahkan tidak berlaku sebarang kesilapan dalam pemilihan stesen sebagai datum.

Apabila analisa kestabilan pillar telah dibuat dan dapatan analisa tersebut menunjukkan yang pemilihan stesen datum adalah betul dan seterusnya deformasi dikesan berlaku; kewujudan deformasi tersebut dapat disahkan sebagai suatu yang sah. Sebaliknya, pemilihan stesen datum yang silap dikhuatiri akan mewujudkan deformasi palsu. Huraian

dan perbincangan lanjut mengenai permasalahan dan kepentingan melakukan prosidur pengujian kestabilan pillar boleh diperolehi dari Chrzanowski et. al (1991).

Rajah 2.3 menunjukkan satu senario yang boleh menyebabkan wujudnya deformasi palsu. Pelarasan bagi jaringan triangulasi yang ditunjukkan telah dibuat dengan mengambil stesen 3 sebagai datum. Selanjutnya, apabila diselesaikan pelarasan dua epok dan kemudiannya berasaskan kepada perbezaan koordinat yang diperolehi dihitung pula vektor anjakan. Hasil dari hitungan yang dilakukan memberi gambaran bahawa semua stesen kawalan dalam jaringan tersebut telah mengalami anjakan yang agak besar. Selanjutnya, kesimpulan di ambil dengan merumuskan bahawa telah berlaku deformasi dalam jaringan tersebut.



Rajah 2.3 Deformasi palsu akibat kesilapan memilih datum

Realiti yang berlaku ialah pemilihan datum tersebut merupakan satu kesilapan kerana stesen 3 sebenarnya adalah tidak stabil kerana kedudukannya telah beranjak. Kesilapan sebegini tidak dapat dielak kerana anjakan di stesen 3 belum diketahui dan suatu yang

tidak disedari. Contoh ini menjelaskan mengenai perlunya melakukan analisis kestabilan pillar supaya pemilihan datum yang dibuat boleh disahkan.

Analisa kestabilan pillar adalah tergolong sebagai satu prosidur yang digunakan khas untuk analisa deformasi. Sehubungan dengan itu, terdapat satu kaedah khusus yang telah diperkenalkan untuk menyelesaikan analisa kestabilan pillar. Kaedah tersebut merupakan perkara utama yang diketengahkan oleh pendekatan Fredericton dan akan dibincang dengan terperinci dalam Bab 3.

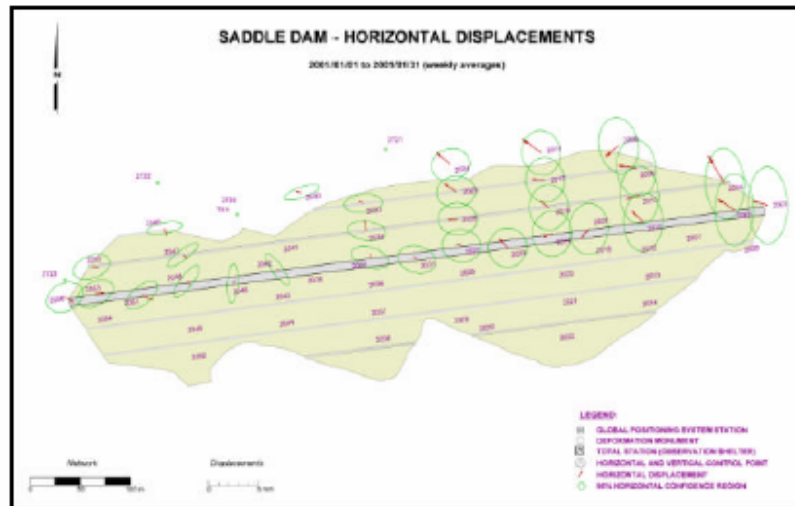
2.6.4 Analisis tren

Analisis tren adalah peringkat mempersembahkan keputusan analisa deformasi bagi jaringan untuk diteliti dalam bentuk grafik. Dapatan dari hitungan pelarasan memberikan maklumat penting (i.e., vektor anjakan dan matriks kovarians) bagi menganalisa deformasi. Kesemua maklumat ini adalah dalam bentuk numerikal dan sukar untuk ditafsir bagi maksud pengecaman deformasi. Gambaran grafik adalah lebih bermakna dan mudah digunakan untuk pengecaman deformasi.

Analisis tren akan memaparkan secara grafik dua elemen penting iaitu vektor anjakan dan elips selisih bagi semua stesen kawalan dan titik objek dalam jaringan deformasi. Gambaran grafik yang terhasil akan dijadikan sebagai asas bagi mengesan sama ada wujud atau tidak deformasi sebagai keputusan kepada analisis deformasi. Vektor anjakan yang diperolehi bukanlah ukuran mutlak untuk mengatakan berlaku deformasi sekali pun magnitudnya besar. Pengecaman deformasi dibuat dengan cara membandingkan magnitud anjakan tersebut dengan saiz elips yang terhasil.

Sekiranya analisis tren menunjukkan yang vektor anjakan bagi sesuatu titik adalah lebih besar berbanding elips selisihnya maka bolehlah ditafsirkan wujud deformasi pada titik

berkenaan. Sebaliknya, jika vektor anjakan tersebut meski pun kelihatan besar tetapi belum melebihi limit elips selisihnya maka deformasi dianggap tidak wujud.



Rajah 2.4 Analisis tren bagi ukur deformasi struktur empangan

Produk yang dipersembahkan oleh analisis tren seperti ditunjukkan oleh Rajah 2.4 di atas adalah mustahak kerana ia merupakan asas kepada langkah lanjutan dalam menganalisis deformasi iaitu permodelan deformasi.

BAB 3

PENDEKATAN FREDERICTON

3.1 Latarbelakang

Kaedah Fredericton atau Pendekatan Fredericton adalah satu daripada metod untuk menganalisa deformasi. Kaedah ini diperkenalkan oleh kumpulan penyelidik dari Kanada iaitu di University of New Brunswick, Fredericton. Ia dipelopori oleh Prof. Adam Chrzanowski dan mula diperkenalkan sejak penghujung tahun 70an (Chrzanowski et. al, 1981). Kaedah ini telah dipraktiskan bagi menganalisa deformasi empangan dan pergerakan tektonik (Secord, 1981).

3.2 Prinsip Asas Kaedah Fredericton

Pendekatan Fredericton menggariskan bahawa untuk satu analisa deformasi yang lengkap ianya perlu diselesaikan melalui empat peringkat (Chrzanowski et. al, 1981). Peringkat-peringkat tersebut ialah:

- i. Penskrinan data cerapan dan penyelesaian awal deformasi

- ii. Penentuan anjakan satu titik secara bersendirian
- iii. Penentuan anjakan relatif dalam jaringan relatif
- iv. Penafsiran deformasi secara mekanikal.

Sungguh pun begitu, penyelidikan yang dilaporkan ini akan hanya menyentuh aspek yang berkait dengan penentuan kestabilan pillar. Ini bermakna penumpuan kajian hanya melibatkan dua peringkat yang awal sahaja. Peringkat yang dimaksudkan ialah mengolah data cerapan untuk digunakan dalam hitungan pelarasan. Selanjutnya, prosidur pendekatan Fredericton dipakai pula untuk penentuan anjakan sesuatu stesen atau pillar dalam jaringan rujukan.

Bagi mereka yang berminat untuk mendapatkan perbincangan lengkap mengenai kaedah Fredericton bolehlah merujuk kepada penulisan seperti Chrzanowski et. al (1981), Chrzanowski (1985) dan Secord (1981). Berikut diuraikan secara ringkas mengenai maksud pengolahan data atau penskrinan data dan seterusnya prosidur yang dipakai untuk penentuan anjakan.

3.2.1 Penskrinan data cerapan dan pelarasan

Tujuan melakukan penskrinan data ialah untuk memastikan semua data cerapan yang digunakan untuk hitungan pelarasan adalah bebas dari kesilapan besar dan sebarang unsur luaran. Data cerapan yang mengandungi selisih kasar mesti disisih terlebih dahulu. Selisih sistematik juga mesti dibetulkan sebelum data cerapan tersebut digunakan untuk pelarasan.

Langkah berikutnya pula ialah melakukan hitungan pelarasan kuasa dua terkecil untuk mendapatkan nilai-nilai koordinat semua pillar dalam jaringan. Ujian *chi-square* perlu digunakan untuk menentukan yang hasil pelarasan ini boleh diterima. Hitungan pelarasan perlu dilakukan secara berasingan bagi setiap epok yang ada. Oleh itu, kalau kita mempunyai data cerapan dari dua epok, maka akan kedapatan dua set koordinat

bagi semua pillar. Set pertama mewakili epok satu dan set berikutnya untuk epok kedua. Nilai-nilai koordinat inilah yang menjadi asas untuk analisa seterusnya iaitu menentukan anjakan pillar (sekiranya berlaku).

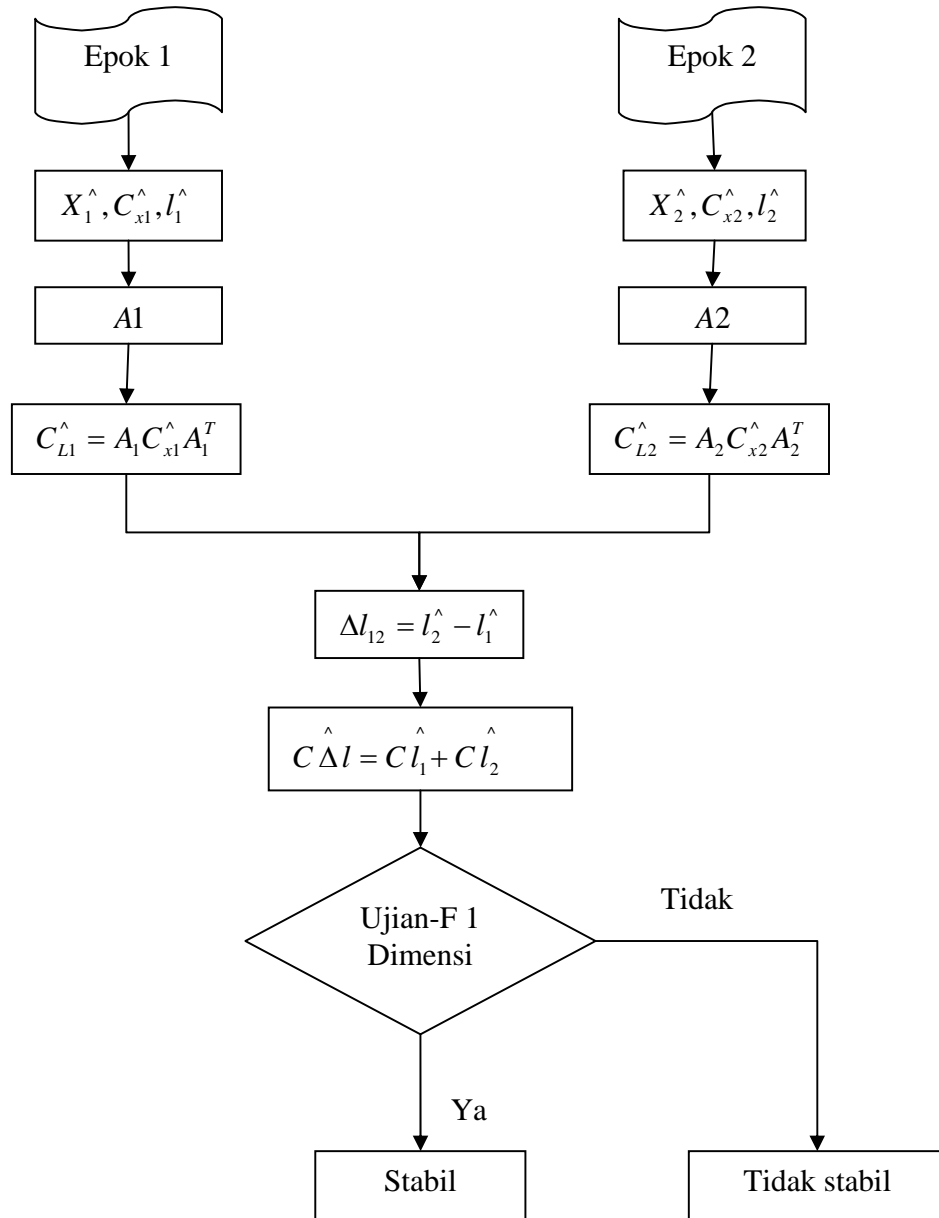
3.2.2 Penentuan anjakan pillar

Sebagaimana yang telah dijelaskan pada awal bab ini, tujuan pemakaian kaedah Fredericton ialah untuk mengenalpasti kestabilan pillar dalam satu jaringan ukur deformasi. Setakat ini, kita baru selesai dengan langkah pertama iaitu penskrinan data dan hitungan pelarasan. Selanjutnya, kita akan cuba menyelesaikan masalah utama yang menjadi tujuan asas dalam kajian ini iaitu menganalisa kestabilan pillar.

Pendekatan Fredericton telah menerangkan dengan jelas prosidur-prosidur yang terlibat untuk analisa penentuan kestabilan pillar seperti ditunjukkan oleh Rajah 3.1. Berikut adalah prosidur-prosidur yang dimaksudkan;

1. Menghitung pelarasan kuasa dua terkecil bagi setiap epok;
2. Menghitung cerapan quasi (li) bagi setiap epok;
3. Menerbitkan matriks rekabentuk (A_i) cerapan quasi bagi tiap epok;
4. Menghitung matriks kovarians cerapan (C_{li}) bagi tiap epok;
5. Mendapatkan vector perubahan cerapan quasi (Δli);
6. Mendapatkan matriks kovarians bagi vektor perubahan cerapan quasi ($C_{\Delta li}$);
7. Menentukan kestabilan pillar dengan menganalisa ujian F satu-dimensi.

Hasil akhir dari analisa ini akan dapat mengenalpasti pillar mana yang telah berlaku anjakan (sekiranya wujud).



Rajah 3.1: Algorithma prosidur pendekatan Fredericton
(Sumber: Ng Ah Lee, 1993)

3.3 Prosidur Analisa Pendekatan Fredericton

Perbincangan dalam seksyen sebelum ini telah menggariskan kesemua langkah yang perlu dilalui untuk analisa kaedah Fredericton. Rajah 3.1 telah menunjukkan dengan jelas bahawa terdapat empat langkah yang pertama perlu diselesaikan secara berasingan menggunakan data cerapan bagi setiap epok. Langkah-langkah yang seterusnya pula akan diselesaikan menggunakan gabungan hasil hitungan bagi kedua-dua epok. Seksyen berikut akan menjelaskan tentang kesemua prosidur yang terlibat.

3.3.1 Hitungan pelarasan kuasa dua terkecil

Hitungan ini melibatkan pelarasan kuasa dua terkecil bagi tiap epok secara berasingan. Hitungan pelarasan ini diselesaikan dengan menggunakan kekangan minimum. Hasil dari hitungan ini ialah:

- i. Nilai koordinat-koordinat terlaras X_i bagi semua pillar dan,
- ii. Matriks kovarians C_{X_i} bagi koordinat terlaras untuk setiap epok.

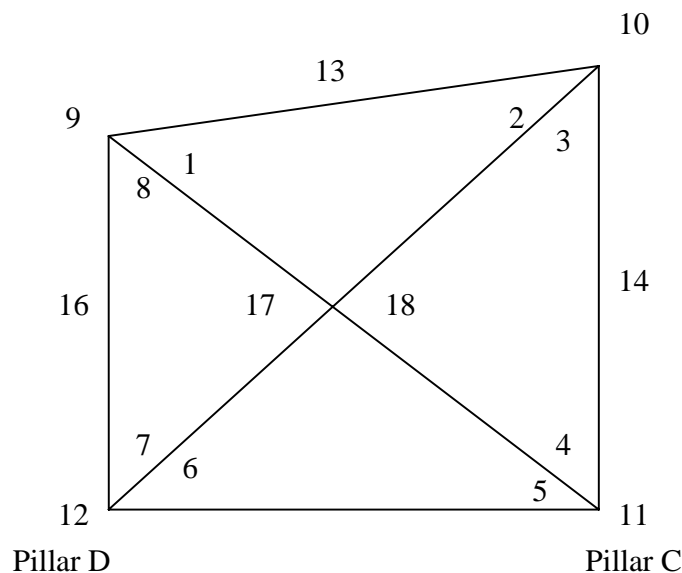
Kedua-dua hasil yang di atas akan digunakan untuk menerbitkan cerapan quasi l_i dan juga matriks rekabentuknya. Berikut akan dibincangkan mengenai maksud cerapan quasi dan cara menghitungnya.

3.3.2 Hitungan cerapan quasi l_i

Cerapan quasi bermaksud semua “*data cerapan*” yang diterbitkan berdasarkan kepada nilai koordinat terlaras. Cerapan kuasi yang perlu diterbitkan ini terdiri dari semua sudut

dan jarak yang boleh terbentuk secara triangulasi oleh pillar yang ada dalam jaringan deformasi.

Satu perkara yang perlu diambil kira dalam hitungan ini ialah penetapan berapakah jumlah bilangan cerapan quasi yang perlu dihitung. Jika terdapat sejumlah p stesen atau pillar dalam sesuatu jaringan kawalan, maka jumlah sudut quasi yang boleh diterbitkan ialah $p(p-1)$. Manakala jumlah jarak quasi pula ialah $[p(p-1)]/2$. Contohnya, misalkan kita mempunyai jaringan deformasi yang terdiri daripada 4 pillar ($p=4$) seperti berikut,



$$\begin{aligned}
 \text{(a) Jumlah sudut quasi} &= p(p-1) \\
 &= 4(3) \\
 &= 12
 \end{aligned}$$

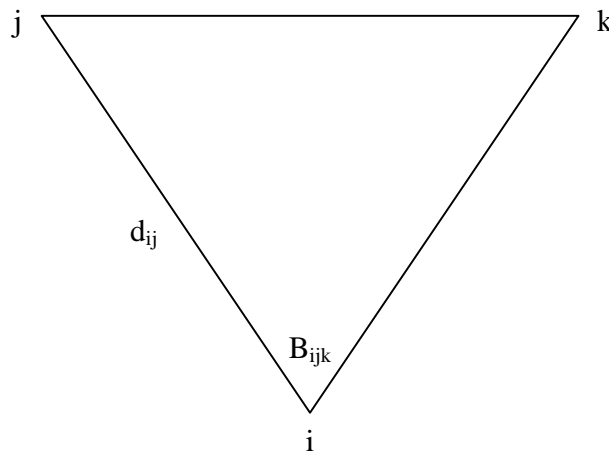
$$\begin{aligned}
 \text{(b) Jumlah jarak quasi} &= [p(p-1)]/2 \\
 &= 12/2 \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

Jaringan deformasi di atas dapat dipecahkan pula kepada jaringan triangulasi yang terdiri dari;

- (i) 12 sudut iaitu sudut 1,2,3,...,11,12, dan
- (ii) 6 jarak iaitu 13,14,...,17,18

Oleh itu, jumlah quasi menjadi 18 semuanya seperti pada contoh yang telah ditunjukkan. Sekiranya kita mempunyai nilai-nilai koordinat terlaras untuk semua pillar (A,B,C,D), maka kita boleh menghitung semua sudut dan jarak dalam jaringan ini. Nilai “*data cerapan*” yang diterbitkan dari hitungan ini dikatakan sebagai cerapan quasi.

Perbincangan yang berikut menjelaskan mengenai pembentukan sudut dan jarak quasi. Cerapan quasi tersebut adalah berdasarkan kepada satu triangulasi mudah seperti berikut;



Cerapan quasi bagi sudut diterbitkan berdasarkan rumusan berikut;

$$\beta_{ijk} = \tan^{-1}\{(X_K - X_i)/(Y_K - Y_i)\} - \tan^{-1}\{(X_j - X_i)/(Y_j - Y_i)\}$$

di mana, β_{ijk} adalah sudut cerapan di stesen i, iaitu daripada stesen j ke stesen k mengikut arah pusingan jam.

Cerapan quasi bagi jarak pula diterbitkan dari rumusan;

$$d_{ij} = [(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2]^{1/2}$$

di mana, d_{ij} adalah jarak dari stesen i ke stesen j.

Perlu diingatkan bahawa hitungan cerapan quasi akan diselesaikan bagi setiap epok. Hitungan ini akan memberikan kuantiti semua nilai sudut dan jarak dalam dua set sebagai mewakili tiap epok seperti berikut,

Jadual 3.1
Elemen cerapan quasi bagi triangulasi

Cerapan Quasi		Epok 1	Epok 2
Sudut	1	a_1	a_2
	2	b_1	b_2
	.	.	.
	11	k_1	k_2
	12	l_1	l_2
Jarak	1	.	.
	2	.	.
	.	.	.
	5	.	.
	6	.	.

3.3.3 Menerbitkan matriks reka bentuk (A_i) cerapan quasi

Setakat ini kita telah menyelesaikan semua hitungan berkaitan cerapan quasi. Bilangan cerapan quasi yang perlu telah dipastikan dan kuantiti tiap cerapan tersebut juga telah selesai dihitung. Langkah berikutnya ialah menerbitkan matriks reka bentuk A_i , bagi cerapan quasi tiap epok.

3.3.4 Dimensi matriks reka bentuk

Matriks reka bentuk A_i mempunyai dimensi $(m \times n)$, di mana m ialah bilangan vektor cerapan quasi dan n ialah bilangan parameter terlaras bagi hitungan pelarasan.

Menggunakan contoh seperti yang dibincangkan iaitu satu jaringan triangulasi dengan 4 pillar, kita telah lihat jumlah cerapan quasi, iaitu m adalah 18. Bilangan parameter terlaras, ialah n bersamaan 8, iaitu koordinat-koordinat x_i dan $y_i (i=1,2,3,4)$ bagi setiap pillar. Maka bagi contoh ini, dimensi matriks reka bentuknya ialah:

$$\begin{array}{ccc} C & = & A \\ (m \times n) & & (18 \times 8) \end{array}$$

3.3.5 Elemen matriks reka bentuk

Elemen matriks reka bentuk ini terdiri dari hasil pengkerbedaan separa fungsi cerapan quasi (dl) berbanding dengan parameter terlaras (δx) . Contoh berikut menerangkan maksud elemen matriks reka bentuk.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Kalau kita mempunyai 18 cerapan quasi dan 8 parameter terlaras seperti pada jadual berikut iaitu,

Jadual 3.2
Elemen cerapan quasi & koordinat terlaras

Cerapan Quasi	Parameter Terlaras
Sudut 1 = l_1	Koordinat $x_1 = n_1$
Sudut 2 = l_2	Koordinat $y_1 = n_2$
Sudut 11 = l_{11}	Koordinat $x_2 = n_3$
Sudut 12 = l_{12}	Koordinat $y_2 = n_4$
Sudut 13 = l_{13}	Koordinat $x_3 = n_5$
Sudut 14 = l_{14}	Koordinat $y_3 = n_6$
Sudut 16 = l_{16}	Koordinat $x_4 = n_7$
Sudut 18 = l_{18}	Koordinat $y_4 = n_8$

Maka matriks reka bentuk yang terbentuk akan mempunyai elemen seperti berikut;

$$\begin{array}{cccccccc}
 x_1 & y_1 & x_2 & y_2 & x_3 & y_3 & x_4 & y_4 \\
 l_1 & \left[\begin{array}{c} \frac{\partial l_1}{\partial x_1} \\ \frac{\partial l_1}{\partial y_1} \end{array} \right. & \frac{\partial l_1}{\partial x_2} & \frac{\partial l_1}{\partial y_2} & \frac{\partial l_1}{\partial x_3} & \frac{\partial l_1}{\partial y_3} & \frac{\partial l_1}{\partial x_4} & \frac{\partial l_1}{\partial y_4} \\
 l_2 & \left[\begin{array}{c} \frac{\partial l_{18}}{\partial x_1} \\ \frac{\partial l_{18}}{\partial y_1} \end{array} \right. & \frac{\partial l_{18}}{\partial x_2} & \frac{\partial l_{18}}{\partial y_2} & \frac{\partial l_{18}}{\partial x_3} & \frac{\partial l_{18}}{\partial y_3} & \frac{\partial l_{18}}{\partial x_4} & \frac{\partial l_{18}}{\partial y_4}
 \end{array}$$

Matriks reka bentuk A_i perlu dihitung bagi data setiap epok. Oleh itu, kalau kita mempunyai dua epok cerapan, maka kita perlu ada dua set matriks reka bentuk iaitu:

- (i) A_1 bagi epok 1, dan
- (ii) A_2 bagi epok 2

kedua-dua matriks A_1 dan A_2 ini mempunyai dimensi dan elemen yang sepadan.

3.3.6 Hitungan matriks kovarians cerapan quasi

Hitungan ini bertujuan untuk mendapatkan matriks kovarians bagi cerapan-cerapan quasi untuk setiap epok. Matriks kovarians ialah matriks simetri ($m \times m$), di mana m ialah bilangan cerapan quasi yang ada. Matriks kovarians C_l ini diselesaikan menggunakan rumusan berikut:

$$\begin{matrix} C_l & = & A & C_X & A^T \\ (m \times n) & & (m \times n) & (n \times n) & (n \times m) \end{matrix}$$

Di mana,

- A ialah matriks reka bentuk cerapan quasi
- C_X ialah matriks kovarians bagi parameter terlaras
- m ialah bilangan cerapan quasi
- n ialah bilangan parameter terlaras

Sebagai contoh dengan menggunakan kes triangulasi seperti yang dibincangkan di atas maka,

$$\begin{matrix} C_l & = & A & C_X & A^T \\ (m \times n) & & (18 \times 8) & (8 \times 8) & (8 \times 18) \end{matrix}$$

3.3.7 Vektor perubahan cerapan quasi

Setakat ini kita telah menyelesaikan empat langkah pertama dalam analisa kestabilan pillar dengan kaedah Fredericton. Kesemua hitungan di atas telah dibuat bagi tiap epok secara berasingan. Ini bermaksud kita mempunyai dua set hasil hitungan masing-masingnya mewakili tiap satu epok. Prosidur bagi langkah seterusnya nanti akan menggunakan gabungan hasil hitungan dari kedua-dua set tadi. Hitungan berikutnya ialah untuk menentukan perubahan yang berlaku di antara cerapan quasi yang sama. Ini

dilakukan dengan membandingkan nilai cerapan-cerapan quasi yang telah dihitung dalam epok 1 dan epok 2.

Vektor perubahan cerapan quasi Δl , di antara dua epok boleh ditulis sebagai,

$$\Delta l_{(1,2)} = l_{(2)} - l_{(1)}$$

Hasil hitungan ini boleh disenaraikan seperti Jadual 3.3 berikut;

Cerapan Quasi	Epok 1	Epok 2	$\Delta l_{1,2}$
$l_i = \text{Sudut 1}$	a1	a2	a2-a1
$l_{12} = \text{Sudut 12}$.	.	.
$l_{13} = \text{Jarak 1}$.	.	.
$l_{18} = \text{Jarak 6}$.	.	.

Jadual 3.3

Hitungan vektor perbezaan cerapan quasi

3.3.8 Matriks kovarians perbezaan cerapan quasi

Matriks kovarians perbezaan cerapan quasi, $C\Delta l$ dihitung dari formula berikut;

$$C\Delta l = Cl_i - Cl_j$$

3.4 Analisa Ujian F-Satu Dimensi

Ujian taburan F-satu dimensi seperti di bawah digunakan sebagai asas bagi penentuan kestabilan titik. Ujian ini dilakukan kepada setiap elemen cerapan quasi.

$$\frac{|\Delta li|}{\sqrt{\sigma^2 C \Delta li}} < \sqrt{F(1, V_1 + V_2, \alpha)}$$

Di mana, V_1 dan V_2 = derajat kebebasan epok 1 dan epok 2
 α = tahap keyakinan ujian
 $C \Delta li$ = elemen matriks pepenjuru kovarians cerapan

Kegagalan ujian F-satu dimensi ini bermakna disyaki terdapat mana-mana stesen yang membentuk pasangan (jarak) atau triplet (sudut) sebagai tidak stabil. Untuk mendapat keputusan yang tepat, ujian F akan dilakukan pada tiga tahap keyakinan iaitu 90%, 95%, dan 99%. Kekerapan kombinasi stesen yang gagal ini akan dikumpulkan menurut tahap keyakinan ujian. Titik yang mempunyai frekuensi kegagalan yang minimum akan dirujuk sebagai titik paling stabil.

Sebagai panduan, Secord (1981) turut menjelaskan mengenai isu kegagalan pada elemen jarak quasi. Menurut beliau, kegagalan tersebut tidak semestinya menggambarkan salah satu titik atau kedua-dua titik sebagai beranjak kerana kemungkinan berlakunya perubahan skala ketika pengukuran jarak.

Untuk mengatasi keraguan ini maka alternatif bagi penyelesaiannya ialah dengan mengabaikan keputusan ujian kepada elemen perubahan jarak atau pun mengeluarkan reja yang mengalami perubahan skala. Ini bermakna keputusan pengujian adalah lebih ditumpukan kepada elemen sudut quasi.

BAB 4

PERISIAN FREDY04

4.0 Pengenalan

Bagi mencapai objektif utama kajian, satu perisian bagi menganalisa deformasi secara geodetik akan dibangunkan. Perisian yang dihasratkan direka bentuk untuk melaksana hitungan analisa deformasi menurut prosidur sebagaimana yang digariskan di Bab 2. Secara khususnya, perisian tersebut dibangunkan dengan mengadaptasi teknik hitungan Pendekatan Fredericton yang dibincang di Bab 3 dan dinamakan FREDY04.

Bab ini membincangkan mengenai elemen penting FREDY04 meliputi perkakasan yang diperlukan oleh perisian FREDY04, rekabentuknya, komponen-komponen yang terlibat dalam perisian tersebut serta kaedah pemasangan (*install*).

4.1 Perkakasan (*Hardware*)

Dalam proses melaksanakan perisian FREDY04, terdapat beberapa perkakasan penting yang diperlukan iaitu;

- a) Komputer dengan jenis *microprocessor*, iaitu set komputer peribadi yang piawai dan paling banyak digunakan dalam memproses data dan juga hitungan ukur.

- b) Jenis pemproses yang disyorkan seperti PENTIUM, AMD, atau CELERON dengan kelajuan 500Mhz atau lebih bagi memastikan keberkesanan dan kecekapan pemprosesan data.
- c) Saiz ingatan RAM (*Random Access Memory*) pula adalah melebihi 64Mb. Keperluan ini akan dapat mempercepatkan lagi pemprosesan data.
- d) Perisian FREDY04 ini adalah program yang *independence*, ia tidak perlu sokongan atau *installation* perisian lain sama ada Microsoft Visual Basic 6.0, Fortran atau pun DOTHLP Professional 2.1, walau pun dibangun dengan mengguna pakai environmen atau bahasa yang disenaraikan di atas.

4.2 Reka bentuk perisian

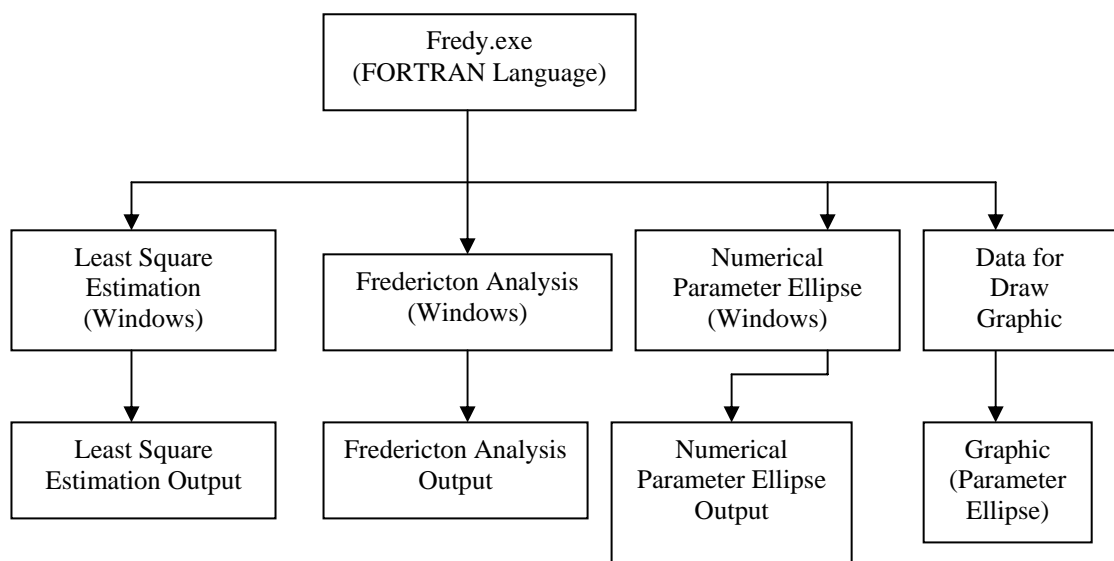
Reka bentuk perisian FREDY04 adalah satu program yang menggabungkan dua bahasa iaitu bahasa pengaturcaraan Microsoft Visual Basic 6.0 (VB6) dan Microsoft Fortran Powerstation. VB6 digunakan kerana ia lebih mesra pengguna dan mempunyai antara muka yang lebih menarik dan senang untuk difahami. Selain itu, ia juga merupakan bahasa pengaturcaraan yang dihasilkan oleh syarikat *Microsoft*. Bermakna bahasa pengaturcaraan VB6 adalah serasi dengan sebarang komputer yang menggunakan perisian *Microsoft* sebagai *Operating System* (OS).

Bahasa pengaturcaraan Fortran pula digunakan untuk melakukan proses hitungan lebih-lebih lagi hitungan pelarasan yang rigor dan banyak. Sunggoh pun VB6 juga dapat melakukan pengiraan tetapi ia tidak sebaik keupayaan bahasa Fortran. Dengan yang demikian, dalam perisian FREDY04, VB6 digunakan hanya untuk menghasilkan layout atau paramuka program supaya lebih menarik manakala Fortran pula digunakan sepenuhnya untuk tujuan pengiraan.

Pada asasnya, FREDY04 berasal dari program FREDTON yang dihasilkan oleh Ng Ah Lee (1993). Berikutnya, FREDTON telah diperkembangkan oleh Zainal Abidin (1997) dengan memasukkan modul hitungan pelarasan dan juga penganggaran MINQE; diberi nama Fred dan ditulis dalam bahasa Fortran 77.

Satu kelemahan Fortran 77 adalah tidak dapat beroperasi dalam *Microsoft Windows* versi baru (2000/XP) namun fail pelaksanaan (*execute file*) boleh digunakan dalam *Microsoft Windows* versi baru. Bagi mengatasi masalah di atas, Ernyza Endot (2003) telah melakukan ubahsuaian kepada program Fred dengan menggunakan Fortran 90 dalam environmen (Fortran Powerstation) dan kemudiannya diberi nama Fredy.

Selanjutnya, Mohd Izzudin (2005) telah melakukan penambahbaikan program Fredy dengan memberi penumpuan kepada keupayaan persembahan grafik. yang berikutnya dinamakan sebagai FREDY04.. Penambahbaikan tersebut melibatkan output bagi program Fredy diubahsuai untuk mengasingkan hasil numerikalnya supaya dapat mengeluarkan data bagi menghasilkan grafik. Produk akhir ini kemudiannya dihubungkan dengan VB6 dan diberi nama FREDY04. Rajah 4.1 menunjukkan reka bentuk utama perisian FREDY04.



Rajah 4.1 Reka bentuk perisian FREDY04

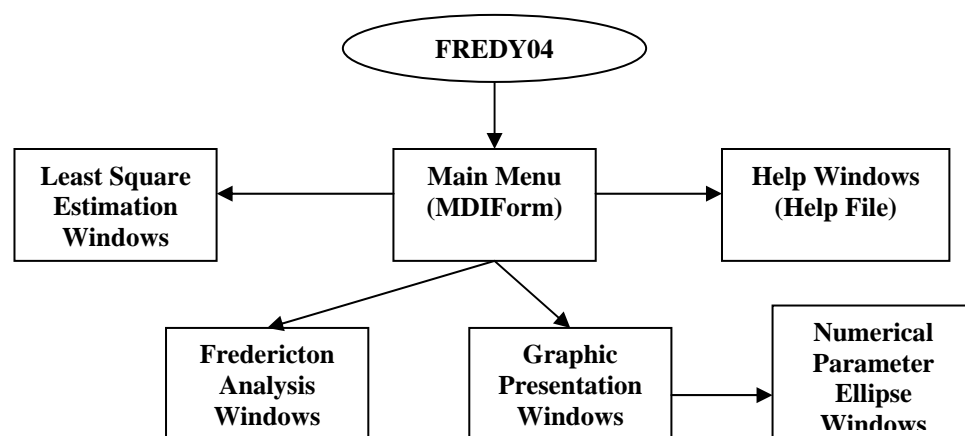
4.3 Komponen Perisian FREDY04

Terdapat lima komponen utama di dalam perisian FREDY04 iaitu tettingkap kawalan utama, tettingkap bagi pelarasan kuasa dua terkecil, tettingkap untuk Analisa

Fredericton, tetingkap untuk memaparkan grafik (bagi menunjukkan parameter elips bagi jaringan ukur) dan akhir sekali adalah tetingkap Help.

Komponen utama pertama merupakan *MDIParentForm* (Tetingkap Kawalan Utama) di mana ia digunakan untuk mengawal dan memasuki komponen-komponen utama yang lain. Berikutnya, komponen kedua, ketiga dan keempat adalah komponen *ChildForm* yang terdiri daripada tetingkap pelarasan kuasa dua terkecil, tetingkap analisa Fredericton dan juga tetingkap untuk memaparkan parameter elips bagi suatu jaringan ukur dalam bentuk grafik. Komponen utama yang kelima pula adalah komponen Help, yang dibangunkan dengan menggunakan DOTHLP Professional 2.1.

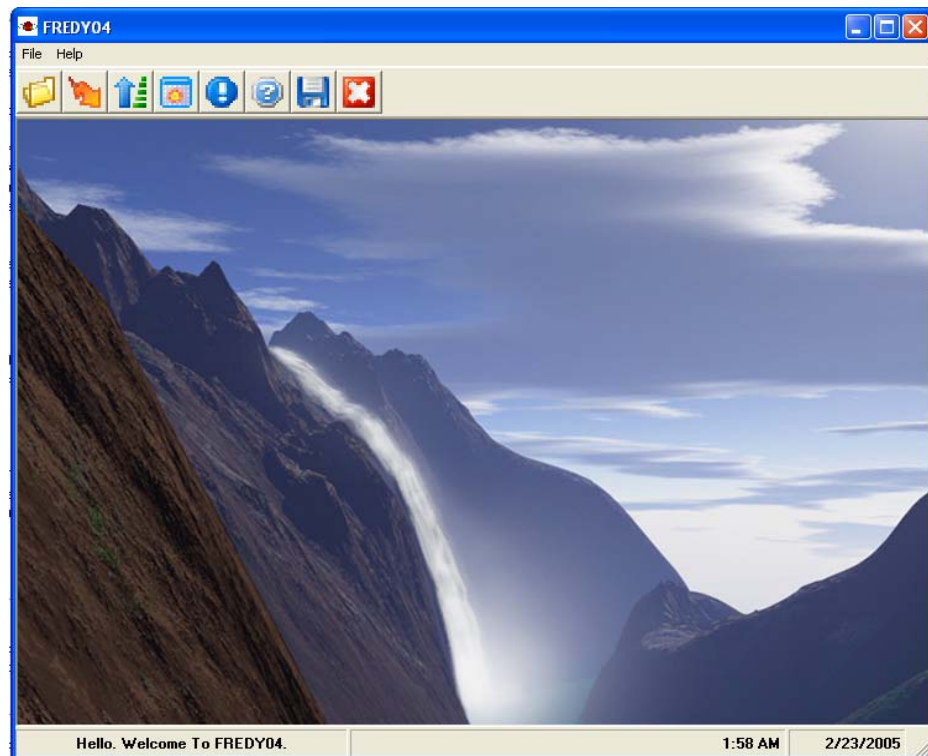
Terdapat juga empat tetingkap lain iaitu tetingkap MINQE, tetingkap Numerical Ellipse, tetingkap Welcome dan tetingkap Tips. Rajah 4.2 menunjukkan komponen-komponen utama FREDY04.



Rajah 4.2 Komponen-komponen utama FREDY04

4.3.1 Tetingkap Kawalan Utama

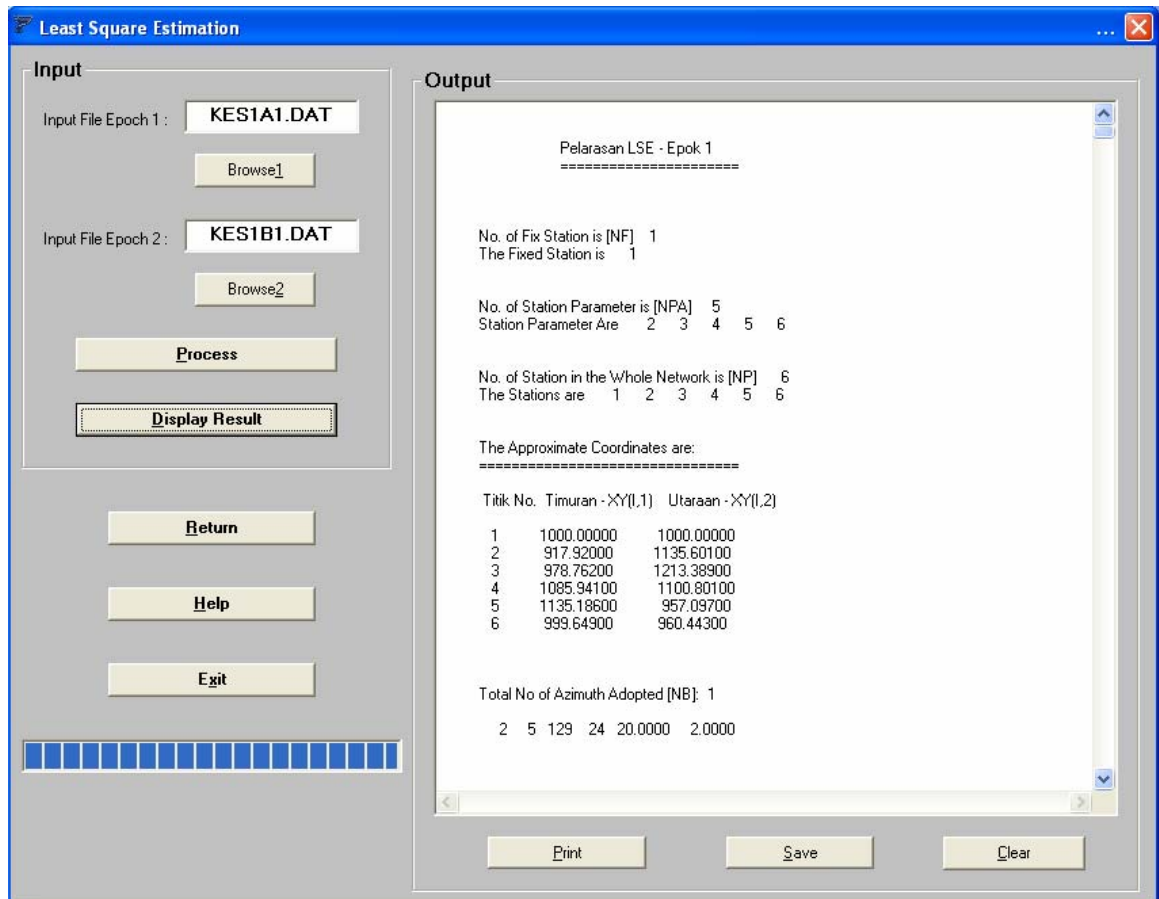
Tetingkap Kawalan Utama ini dihasilkan melalui *MDIParentForm* kerana pembikinannya adalah mudah dan ringkas serta tidak memerlukan penulisan pengaturcaraan yang banyak dan kompleks. Semua komponen tetingkap yang lain dihubungkan dengan tetingkap Kawalan Utama ini.



Rajah 4.3 Tetingkap Kawalan Utama

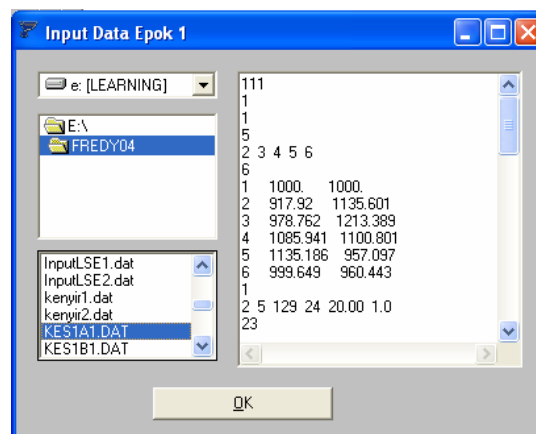
4.3.2 Tetingkap Pelarasan Kuasa Dua Terkecil (LSE)

Tetingkap LSE ini disediakan sebagai memaparkan hasil hitungan LSE yang dihitung dari fail Fortran. Dalam tetingkap LSE ini juga terdapat banyak butang yang ada dan senang untuk difahami oleh pengguna bila ia digunakan. Butang Help turut diletakkan dalam tetingkap LSE bagi memudahkan pengguna untuk mencapai tetingkap Help dengan cepat sekiranya menghadapi masalah dalam menggunakan perisian ini. Hasil hitungan LSE dalam tetingkap ini adalah dalam bentuk *text editor*. Jadi, ia membolehkan pengguna mengubah sebelum hasil LSE itu disimpan (*save*). Pengguna juga boleh mencetak (*print*) hasil yang dipaparkan oleh *text editor* tersebut.



Rajah 4.4 Tetingkap Pelarsan Kuasa Dua Terkecil (LSE)

Fail data input bagi epok 1 dan epok 2 akan dimasukkan dengan menggunakan butang *browse*. Semasa operasi memasukkan data, pengguna boleh melihat data input yang dimasukkan serta digunakan dalam proses pelarsan kerana ia dipaparkan dalam *form browse* tersebut. Langkah sebegini adalah untuk memastikan format data yang digunakan menepati format data yang dikehendaki oleh perisian FREDY04.



Rajah 4.5 Operasi browsing fail input

Pemprosesan data akan dilakukan selepas pengguna menekan butang *Process*. Sekiranya terdapat sebarang masalah dalam pemprosesan, *Progress Bar* (seperti Rajah 4.6) tidak akan menunjukkan sebarang perubahan yang berlaku dan pengguna haruslah menyemak kembali data input yang digunakan.

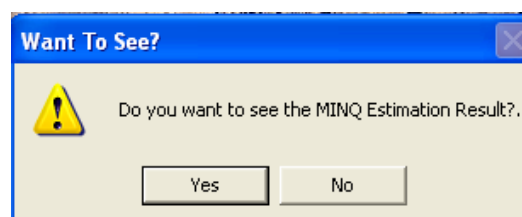


Rajah 4.6 Progress Bar

Antara hasil proses pelarasan yang akan dipaparkan di dalam tettingkap pelarasan ialah keputusan ujian global (Ujian X^2), hasil pengesanan selisih kasar (Baarda) serta keputusan hitungan pelarasan bagi setiap iterasi.

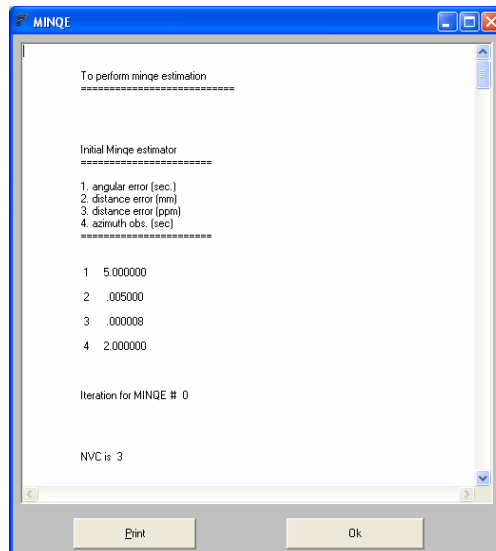
4.3.3 Tettingkap MINQE

Sebelum pemaparan hasil pelarasan, proses penganggaran MINQE dijalankan secara serentak di dalam proses pelarasan dan ia dipaparkan mengikut kehendak pengguna. Ini dilakukan melalui dialog box seperti mana ditunjukkan oleh Rajah 4.7.



Rajah 4.7 Pertanyaan Paparan MINQE

Sekiranya pengguna ingin melihat hasil paparan MINQE, *form* MINQE akan dipaparkan dan pengguna boleh *scroll* hasil yang diperolehi seperti mana ditunjukkan oleh Rajah 4.8.

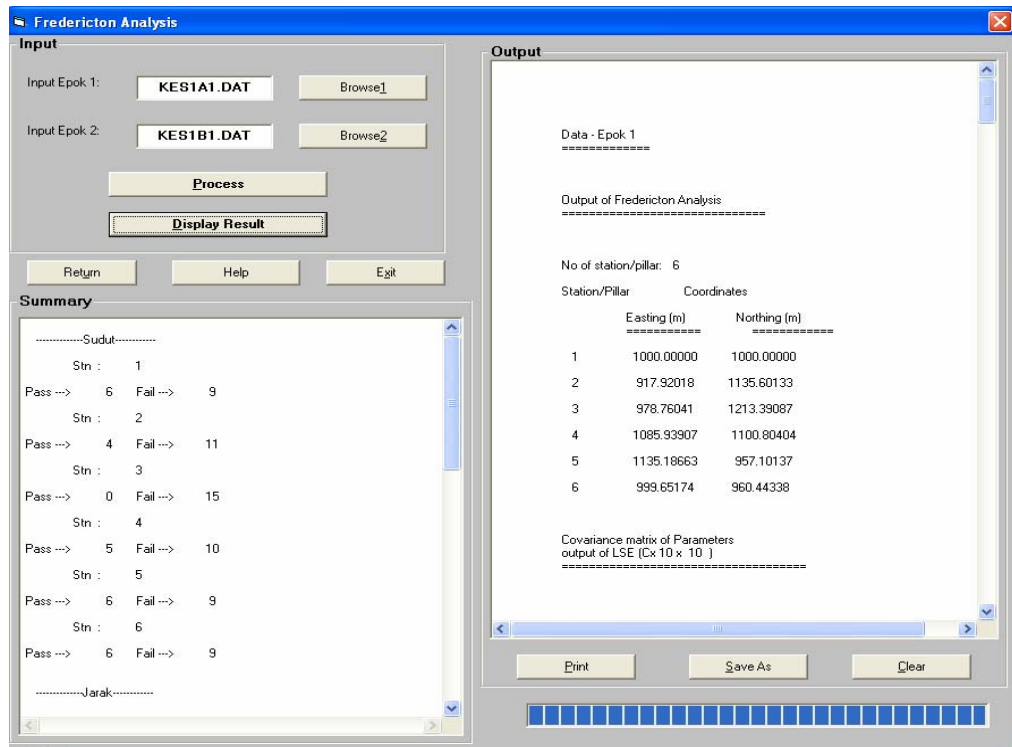


Rajah 4.8 Paparan Hasil MINQE

Walau pun hasil MINQE dipaparkan dalam FREDY04 namun hasil penganggaran tersebut tidak digunakan di dalam proses LSE. Tugas MINQE disertakan sebagai sebuah modul tambahan untuk menyemak sama ada varians cerapan yang di gunakan dalam hitungan LSE adalah bersesuaian atau tidak.

4.3.4 Tetingkap Analisa Fredericton

Reka bentuk tetingkap Analisa Fredericton menghendaki fail data input disediakan menurut format data sebagaimana format data input LSE. Langkah sebegini diperlukan kerana data tersebut akan secara automatik melalui proses LSE dan seterusnya melalui diproses pula oleh analisa Fredericton. Walau bagaimana pun, pengguna boleh menggunakan tetingkap analisa Fredericton secara terus kerana terdapat butang *browse* untuk memasukkan data input.

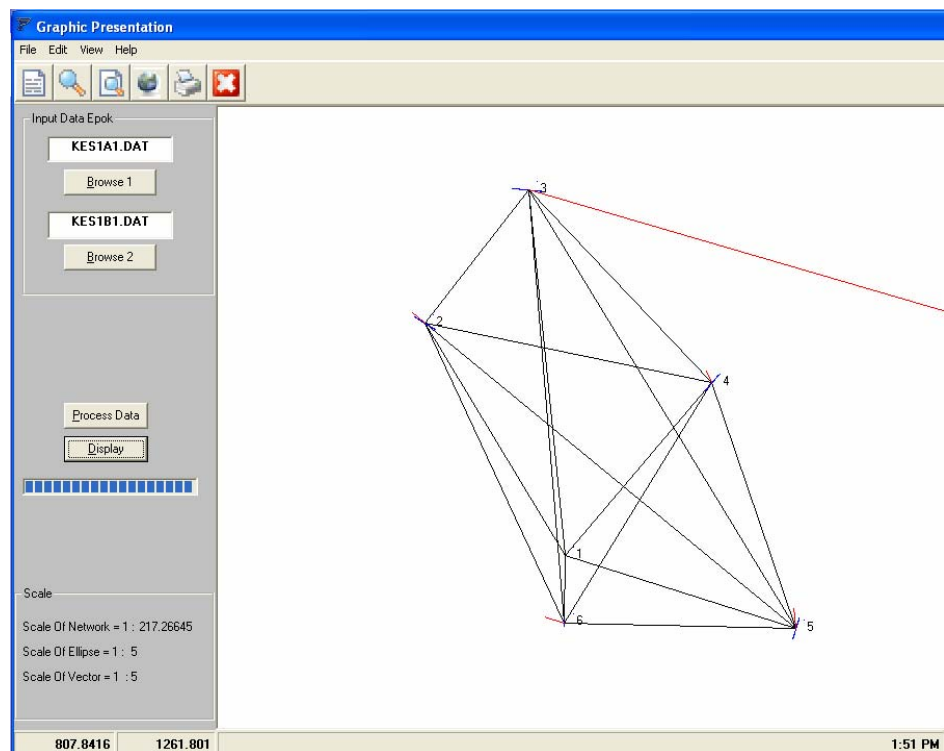


Rajah 4.9 Tetingkap Analisa Fredericton

Hasil daripada analisa ini akan dipaparkan dalam dua *text editor*. *Text editor* yang pertama akan memaparkan hasil pengiraan Ujian F bagi cerapan quasi yang dihitung manakala *text editor* yang kedua akan memaparkan jumlah kegagalan Ujian F tersebut yang diguna pakai dalam menentukan kestabilan stesen. Kedua-dua hasil ini boleh disimpan (*save*) atau dicetak (*print*) dengan menggunakan butang yang disediakan. Gambaran contoh hasil analisa Fredericton ditunjukkan seperti mana pada Rajah 4.9.

4.3.5 Tetingkap Pemaparan Grafik

Tetingkap Pemaparan Grafik merupakan komponen yang amat penting dalam perisian FREDY04. Tetingkap ini berperanan menunjukkan analisis tren secara visual iaitu satu langkah penting dalam prosidur analisa deformasi.



Rajah 4.10 Tetingkap Paparan Grafik

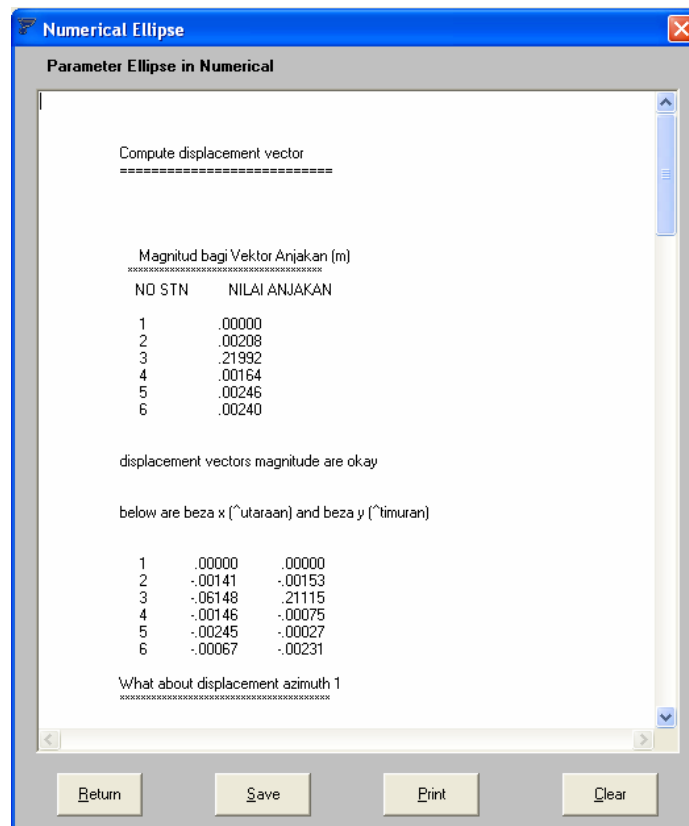
Dalam tetingkap ini terdapat juga butang untuk memasukkan data input. Format data input bagi tetingkap ini adalah sama dengan format data input untuk tetingkap LSE dan analisa Fredericton.

Di dalam terdapat butang untuk mencapai komponen lain antaranya ialah tetingkap Numerikal Parameter Elips. Tetingkap Numerikal Parameter Elips adalah untuk memaparkan hasil LSE yang berkaitan dengan paparan grafik iaitu magnitud vektor anjakan dan elips selisih.

4.3.6 Numerikal Parameter Elips

Bagi mencapai tetingkap Numerikal Parameter Elips, pengguna perlu menekan butang *toolbar* yang berada dalam tetingkap Paparan Grafik. Hasil akan dipaparkan selepas data diproses dalam tetingkap Paparan Grafik. Semua hasil tersebut adalah berkaitan dengan hasil paparan grafik (mengenai vektor anjakan dan elips selisih termasuk orientasi).

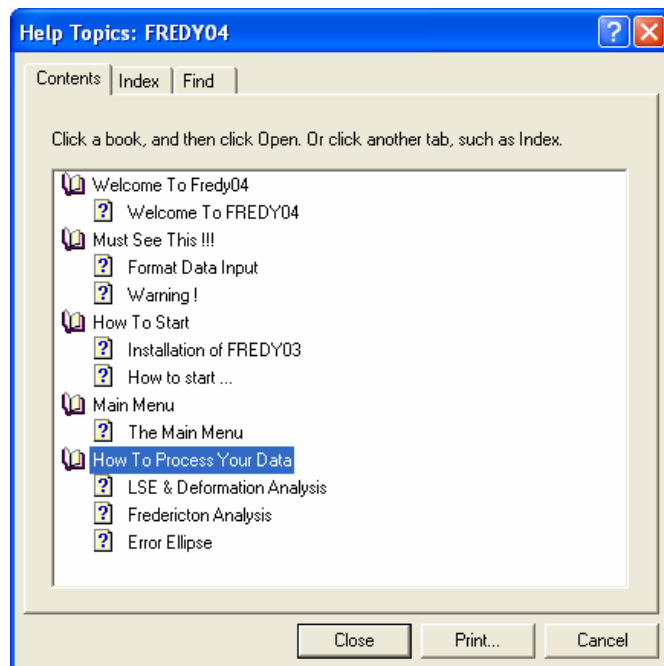
Hasil pemprosesan yang akan dipaparkan adalah dalam bentuk *text editor*. Ini membolehkan pengguna mengubah hasil diperolehi untuk disimpan (*save*). Selain itu, pengguna juga boleh mencetak (*print*) hasil yang dipaparkan oleh *text editor* tersebut.



Rajah 4.11 Tetingkap Numerikal Parameter Elips

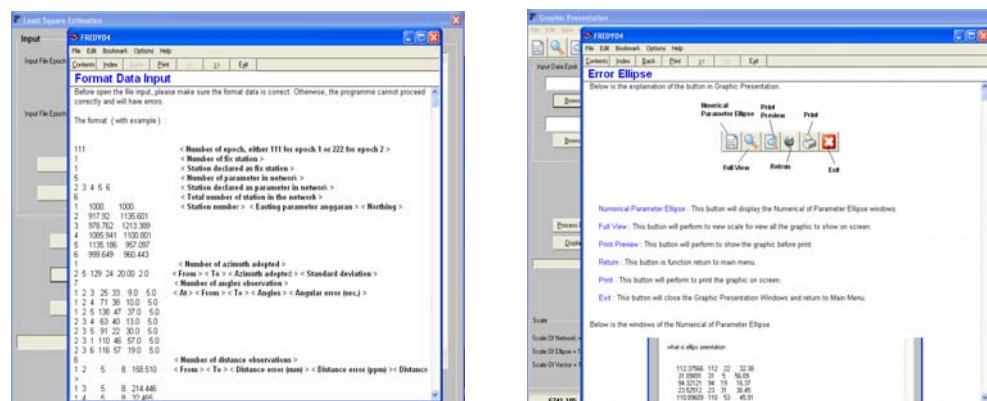
4.3.7 Tetingkap Help

Tetingkap Help adalah merupakan komponen yang sangat penting di dalam perisian FREDY04 kerana dengan adanya komponen seperti ini ianya dapat membantu pengguna sekiranya terdapat masalah dalam penggunaan perisian FREDY04 ini. Ia boleh dihubungkan daripada setiap tetingkap utama dengan menggunakan butang Help yang telah disediakan.



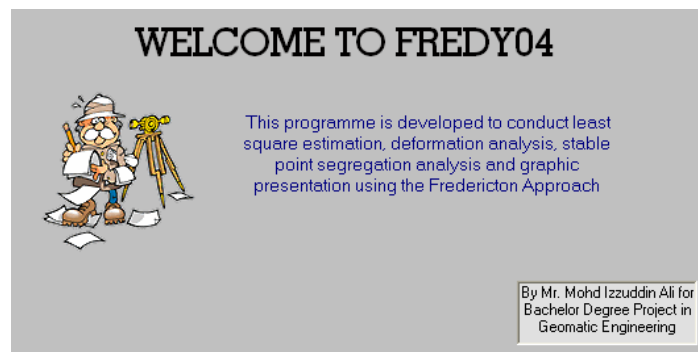
Rajah 4.12 Kandungan Tetingkap Help

Tetingkap Help dibangunkan menggunakan perisian khas untuk membuat *helpfile* iaitu perisian DOTHLP Professional 2.1. Pengguna perlu tahu setiap maklumat yang terkandung dalam tetingkap Help mengenai prosesan data dan sebagainya dalam peisian FREDY04. Rajah 4.13 menunjukkan contoh bantuan yang dipaparkan oleh tetingkap Help.



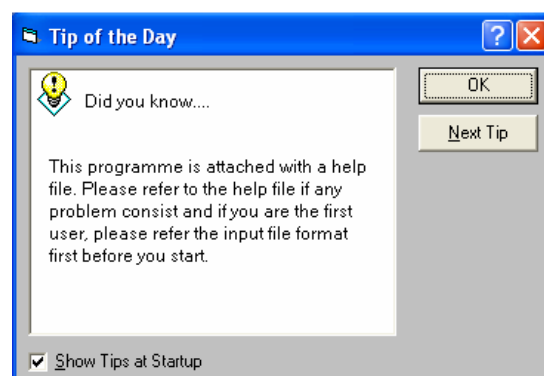
4.3.8 Tetingkap Welcome dan Tetingkap Tips

Tetingkap Welcome (sebagai mana Rajah 4.14) akan muncul pada peringkat awal perisian digunakan. Seperti mana namanya, tetingkap Welcome direka sebagai ucapan pengenalan kepada pengguna perisian FREDY04.



Rajah 4.14 Tetingkap Welcome

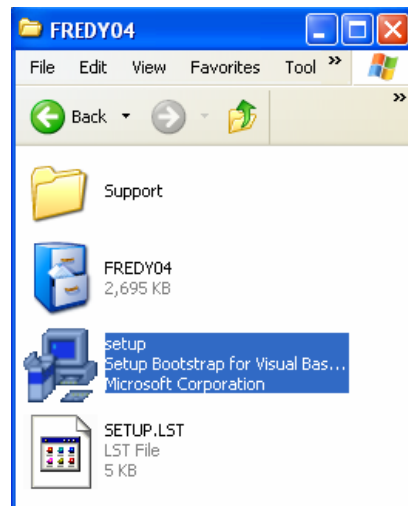
Tetingkap Tips pula ditunjukkan dalam FREDY04 untuk memberikan tips penting kepada pengguna dan pengetahuan umum sebelum paparan tetingkap kawalan utama. Terdapat banyak tips yang boleh disimpan di dalam tetingkap tips ini dan setiap kali perisian FREDY04 dimulakan satu tip baru akan muncul.



Rajah 4.15 Tetingkap Help

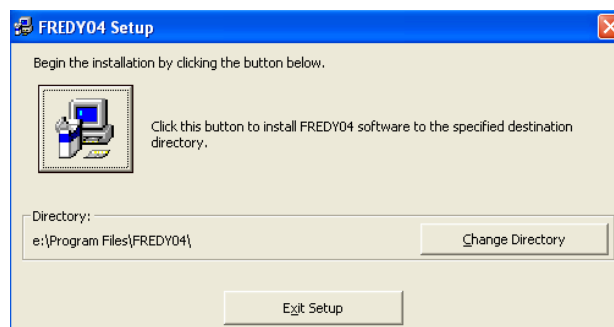
4.4 Kaedah Pemasangan Perisian

Sebelum perisian FREDY04 digunakan, pengguna perlulah melakukan proses pemasangan (*installation*) ke dalam komputer. Dengan menggunakan cakera padat optikal (*cd*), pemasangan dapat dilakukan dengan kaedah *setup*.



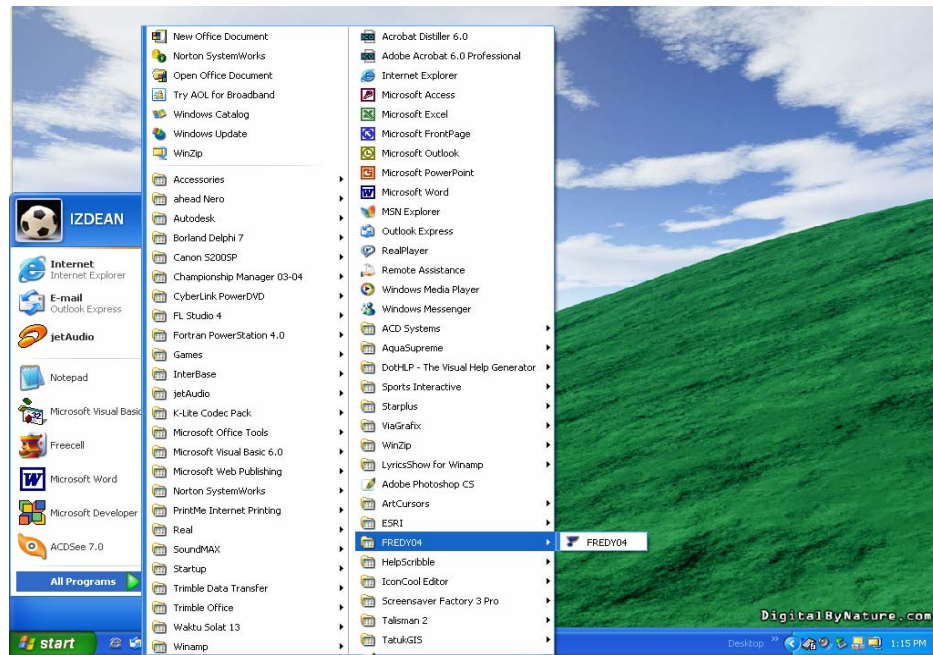
Rajah 4.16: Ikon Setup dalam folder FREDY04

Dengan memasukkan ikon setup, proses pemasangan akan dijalankan secara automatik dengan mengikut format pemasangan *windows*. Kemudian, pengguna akan diminta memasukkan *directory* di mana fail FREDY04 akan dimasukkan.



Rajah 4.17 Pemilihan memasukan Directory fail FREDY04

Setelah proses pemasangan perisian selesai, satu ikon FREDY04 akan terhasil pada menu startup seperti ditunjukkan dalam Rajah 4.18. Pengguna boleh melaksanakan perisian ini dengan mengklik ikon tersebut.



Rajah 4.18: Ikon FREDY04 dalam Menu Startup

Sekiranya terdapat sebarang masalah dalam proses pemasangan perisian, menu amaran akan dipapar untuk menerangkan masalah yang berlaku. Setelah proses pemasangan perisian, pengguna perlu memastikan bahawa setiap fail berikut terdapat dalam fail program FREDY04. Fail-fail tersebut adalah :

- Fail Help yang mengandungi fail kandungan (*Help contents file*), fail utama (*Help file*), fail format (*rich text format*) dan fail projek (*Help project file*).
- Fail pelaksanaan Fredy, "*Fredy.exe*".
- Fail teks tips, "*TIPOFDAY.txt*".
- Fail medium, "*Medium1.dat*" dan "*Medium2.dat*".
- Fail Ujian X^2 , (*CHI95.dat*).

Ketiadaan sebarang fail yang disenaraikan di atas di dalam *directory* pengguna akan menyebabkan perisian FREDY04 mengalami masalah dalam pemprosesannya.

BAB 5

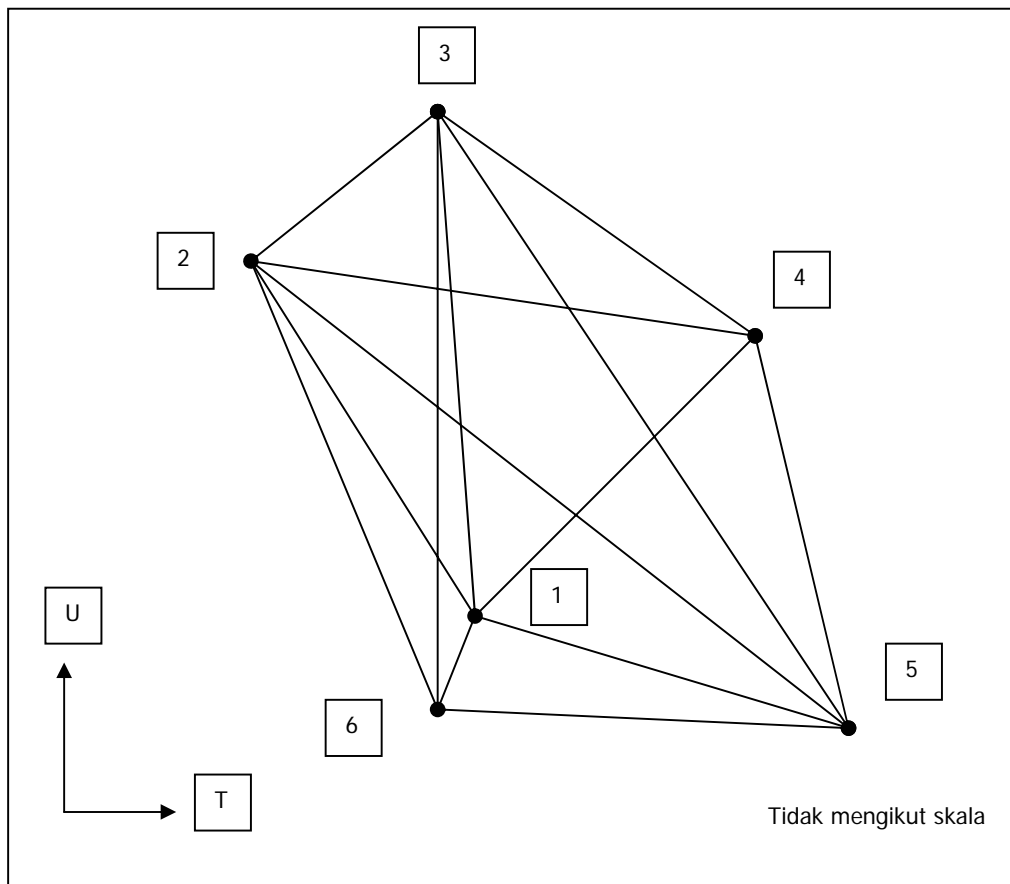
PELAKSANAAN ANALISA DEFORMASI DENGAN FREDY04

5.1 Pendahuluan

Perbincangan Bab ini bertumpu kepada pemakaian FREDY04 dalam menganalisa kerja ukur deformasi. Kandungan perbincangan adalah difokus kepada keputusan dan produk yang terhasil bagi setiap prosidur meliputi perolehan data pengukuran, hitungan pelarasan sehingga ke peringkat analisis tren.

5.2 Pengukuran & cerapan lapangan

Data cerapan yang digunakan dalam kajian ini diperolehi dari kerja pengukuran yang telah dijalankan melibatkan satu jaringan simulasi di kawasan padang kampus UTM Skudai. Jaringan tersebut terdiri dari sejumlah enam stesen kawalan sebagai mana ditunjukkan oleh Rajah 5.1.



Rajah 5.1 Simulasi jaringan kawalan ukur deformasi

Koordinat anggaran bagi stesen kawalan jaringan di atas ialah;

Stesen kawalan	Koordinat Utaraan (m)	Koordinat Timuran (m)
1	1000.000	1000.000
2	1135.601	917.920
3	1213.389	978.762
4	1100.801	1085.941
5	957.097	1135.186
6	960.443	999.649

Cerapan geodetik melibatkan pengukuran jarak dan sudut mengufuk menggunakan peralatan total station. Cerapan telah dilakukan dalam dua epok. Sejumlah 15 jarak dan 23 sudut telah cerap dalam setiap epok. Data bagi cerapan jarak disenaraikan seperti mana Jadual 5.1;

Cerapan Epok 1			Cerapan Epok 2		
Dari	Ke	Jarak mengufuk	Dari	Ke	Jarak mengufuk
1	2	158.510	1	2	158.510
1	3	214.446	1	3	214.361
1	4	132.465	1	4	132.464
1	5	141.831	1	5	141.831
1	6	39.560	1	6	39.559
2	3	98.755	2	3	98.840
2	4	171.585	2	4	171.585
2	5	281.189	2	5	281.189
2	6	193.285	2	6	193.286
3	4	155.444	3	4	155.255
3	5	300.255	3	5	300.096
3	6	253.810	3	6	253.732
4	5	151.907	4	5	151.908
4	6	164.762	4	6	164.762
5	6	135.575	5	6	135.578

Jadual 5.1: Data cerapan jarak

Berikutnya, cerapan sudut mengufuk bagi kedua-dua epok disenaraikan seperti mana Jadual 5.2 di bawah.

Cerapan epok 1				Cerapan epok 2			
Dari	Di	Ke	Sudut mengufuk	Dari	Di	Ke	Sudut mengufuk
2	1	3	25 33 09	2	1	3	25 33 30
2	1	4	71 38 10	2	1	4	71 38 15
2	1	5	138 47 37	2	1	5	138 47 38
3	2	4	63 40 13	3	2	4	63 33 04
3	2	5	91 22 30	3	2	5	91 15 20
3	2	1	110 46 57	3	2	1	110 39 47
3	2	6	116 57 19	3	2	6	116 50 05
4	3	5	12 11 30	4	3	5	12 10 46
4	3	6	38 52 03	4	3	6	38 52 25
4	3	1	37 54 21	4	3	1	37 55 11
4	3	2	81 37 09	4	3	2	81 41 54
5	4	6	50 29 58	5	4	6	50 29 53
5	4	1	59 22 02	5	4	1	59 22 03
5	4	2	120 37 03	5	4	2	120 37 05
5	4	3	155 19 40	5	4	3	155 22 06
6	5	1	16 11 36	6	5	1	16 11 38
6	5	2	37 59 33	6	5	2	37 59 33
6	5	3	57 11 18	6	5	3	57 13 04
6	5	4	69 40 11	6	5	4	69 40 12
2	6	4	56 35 48	2	6	4	56 40 11
2	6	5	116 25 40	2	6	5	116 25 45
2	6	1	25 31 19	2	6	1	25 31 19
2	6	3	20 17 36	2	6	3	20 20 20

Jadual 5.2: Senarai cerapan sudut mengufuk

Contoh penyediaan fail input bagi data cerapan di atas disediakan dalam dua fail berasingan seperti mana ditunjukkan dalam Lampiran 1.

5.3 Implementasi hitungan pelarasan jaringan

Hitungan pelarasan jaringan yang diimplemen dengan pakej FREDY04 telah diselesaikan menggunakan data cerapan dua epok yang di atas. Kekangan minimum yang digunakan ialah memilih stesen 1 sebagai datum dan menganggap azimuth garisan dari stesen 2 ke-5 sebagai $129^{\circ} 24' 20''$. Pelarasan untuk setiap epok telah dilakukan secara berasingan. Oleh itu parameter yang diselesaikan iaitu koordinat stesen kawalan akan terhasil dalam dua set iaitu satu set bagi masing-masing epok. Keputusan yang terhasil ditunjukkan seperti dalam jadual 5.3 berikut (Mohd Izzuddin Ali, 2005).

Hasil Pelarasan Epok 1			Hasil Pelarasan Epok 2		
Stesen kawalan	Koordinat Utaraan (m)	Koordinat Timuran (m)	Stesen kawalan	Koordinat Utaraan (m)	Koordinat Timuran (m)
1	1000.000	1000.000	1	1000.000	1000.000
2	1135.601	917.920	2	1135.600	917.919
3	1213.391	978.760	3	1213.329	978.971
4	1100.804	1085.939	4	1100.803	1085.938
5	957.101	1135.187	5	957.099	1135.186
6	960.443	999.652	6	960.443	999.649

Jadual 5.3: Keputusan hitungan pelarasan

5.4 Analisis pasca hitungan pelarasan

Selanjutnya, proses hitungan pelarasan telah disusuli pula dengan analisis pasca bagi pengujian statistik kepada faktor varians apriori (σ_o^{**2}). Butiran bagi ujian global ke atas faktor varians aposteriori yang diperolehi dari pelarasan jaringan deformasi yang ditunjukkan oleh Jadual 5.4 berikut;

	Epok 1	Epok 2
Varians aposteriori (σ_o^{**2})	0.898	0.623
Darjah kebebasan (n-u)	29	29
Nilai $\chi^2_{n-u; \alpha/2}$ [$\chi^2_{29; 0.025}$]	45.72	45.72
Nilai $\chi^2_{n-u; 1-\alpha/2}$ [$\chi^2_{29; 0.975}$]	16.05	16.05

Jadual 5.4: Butiran bagi analisis pasca pelarasan

Dapatan keputusan ujian global bagi pelarasan jaringan deformasi di atas dianalisa pula melalui ujian chi-squares seperti Jadual di bawah;

Ujian global	$(n-u) \sigma_o^{**2} \div \chi^2_{\alpha/2} \leq \sigma_o^2 \geq (n-u) \sigma_o^{**2} \div \chi^2_{1-\alpha/2}$
Epok 1	$0.570 \leq 1.0 \geq 1.623$
Epok 2	$0.395 \leq 1.0 \geq 1.126$

Jadual 5.5: Keputusan ujian chi-squares

Keputusan di atas menunjukkan bahawa hitungan pelarasan yang dibuat menggunakan data cerapan epok 1 dan 2 lulus ujian global mereka. Ini bermakna penyelesaian yang diberikan oleh pelarasan tersebut boleh diterima sebagai sah.

5.5 Analisis tren

Setakat ini hitungan pelarasan yang dilakukan telah menyelesaikan hitungan koordinat bagi jaringan yang dikerjakan untuk dua epok (i.e., epok 1 dan 2). Dengan membandingkan nilai koordinat epok 1 dan 2 akan diperolehi pula beza koordinat atau nilai anjakan yang berlaku bagi kesemua titik yang telah dicerap. Beza koordinat yang

diperolehi bagi jaringan deformasi di atas adalah seperti mana ditunjukkan oleh Jadual berikut;

Beza koordinat & Anjakan			
Stesen kawalan	Beza Koordinat Utaraan (m)	Beza Koordinat Timuran (m)	Anjakan (mm)
1	0	0	0
2	.001	.001	1
3	.062	.211	220
4	.001	.001	1
5	.002	.001	2.2
6	0	.003	3

Jadual 5.6: Anjakan koordinat di antara epok 1 & 2

Dari jadual di atas, dapat diperhatikan bahawa anjakan yang ketara berlaku di stesen 3 iaitu dengan nilai 220mm sementara di setesen yang lain beza koordinat yang wujud amat kecil dan boleh kesemua stesen berkenaan boleh dianggap sebagai stabil. Namun demikian harus diingat bahawa hitungan yang diselesaikan adalah dengan menggunakan stesen 1 sebagai datum.

Tugas berikutnya adalah untuk membuktikan kesahihan pemilihan stesen 1 sebagai datum dan seterusnya menyelesaikan hitungan analisa deformasi yang mantap. Kedua-dua tugas ini dapat dilakukan dengan mengguna pakai pendekatan Fredericton yang mana prosidurnya telah disertakan bersama dalam Pakej Fredy04.

5.6 Hitungan Pendekatan Fredericton

Tugas pertama yang diselesaikan oleh pendekatan Fredericton adalah mengenal pasti tahap kestabilan stesen kawalan yang terdapat dalam jaringan deformasi. Langkah hitungan yang dilalui adalah agak panjang yang mana melibatkan hitungan elemen

cerapan quasi dan juga matriks kovariansnya seperti mana disebutkan di Seksyen 3.3.2. Analisa akhir yang diberikan oleh hitungan peringkat pertama pendekatan Fredericton adalah statistik yang menunjukkan tahap kestabilan kesemua stesen kawalan dalam jaringan deformasi. Analisa yang diterbitkan adalah berasaskan kepada sejumlah 20 cerapan quasi (i.e., 15 sudut dan 5 jarak). Keputusan yang diperolehi bagi jaringan deformasi yang dikerjakan di atas adalah seperti mana Jadual 5.7. Keputusan penuh mengenai pelarasan dan juga analisa terperinci Pendekatan Fredericton disertakan di Lampiran 3.

	Bil Lulus	Bil Gagal
Stesen 1	10	10
Stesen 2	8	12
Stesen 3	0	20
Stesen 4	9	11
Stesen 5	9	11
Stesen 6	9	11

Jadual 5.7: Hasil Analisis Kestabilan Stesen Kawalan

Keputusan analisis Pendekatan Fredericton di atas menunjukkan stesen 3 mengalami kegagalan yang amat ketara iaitu gagal dalam ujian-F sebanyak 20 kali. Keputusan ini menunjukkan stesen 3 sebagai tidak stabil dan berkemungkinan telah beranjak dari kedudukan asalnya. Manakala di semua stesen kawalan yang lain bilangan kegagalan yang dicatatkan adalah hampir sama (kecuali stesen 3). Maka stesen 1, 2, 4, 5 dan 6 dapat ditafsirkan sebagai stabil dan tidak mengalami sebarang anjakan.

Selanjutnya, dapatan analisis Pendekatan Fredericton turut memberi kesimpulan mengenai pemilihan stesen kawalan yang betul sebagai datum kekangan minima. Hitungan pelarasan yang telah dilakukan menggunakan stesen 1 sebagai datum. Pemilihan tersebut ternyata suatu keputusan yang betul kerana stesen 1 didapati stabil dan sah digunakan sebagai datum. Sebaliknya, stesen 3 tidak boleh digunakan sebagai datum

untuk hitungan pelarasan. Sekiranya hitungan pelarasan dibuat menggunakan stesen 3 sebagai datum maka hasil yang diperolehi adalah tidak sah dan perlu diulang semula dengan memilih stesen lain sebagai datum.

5.7 Analisa Deformasi Muktamad

Dapatan hitungan Pendekatan Fredericton telah menjawab persoalan mengenai pemilihan stesen datum yang sesuai untuk hitungan pelarasan. Ujian kestabilan yang dilakukan berperanan untuk memastikan tidak berlaku kesilapan memilih stesen yang diragui kestabilannya sebagai datum. Berdasarkan keputusan yang diberikan maka hitungan pelarasan boleh dilakukan dengan yakin dan dapatannya dapat digunakan untuk menganalisa deformasi secara muktamad.

Bagi contoh yang dikerjakan dalam kajian ini, hitungan pelarasan kali pertama (i.e., stesen 1 sebagai datum) adalah sah dan tidak perlu dibuat hitungan semula. Ini bermakna hitungan beza koordinat dan anjakan yang ditunjukkan oleh Jadual 5.6 boleh diterima sebagai analisa deformasi yang muktamad.

Dapatan tersebut menunjukkan bahawa jaringan deformasi yang dikaji memberikan keputusan berikut;

- a). stesen 3 telah beranjak dari kedudukan asalnya dengan magnitud 22 cm.
- b). stesen yang lain dalam jaringan tersebut adalah stabil.

Keputusan yang diperolehi ini adalah amat bertepatan dengan situasi sebenar kerana jaringan yang ditubuhkan adalah suatu kes simulasi di mana stesen 3 tersebut memang telah diubah kedudukannya (Khairulnizam Idris, 2001). Selanjutnya, kajian ini mengesahkan bahawa Pendekatan Fredericton mampu menyelesaikan hitungan analisa deformasi bagi kerja geodetik.

BAB 6

KESIMPULAN

6.1 Pendahuluan

Sebagai mengakhiri laporan ini dapatlah dirumuskan bahawa objektif yang digariskan bagi kajian ini telah pun tercapai. Satu perisian, FREDY04, yang boleh diguna pakai untuk menganalisa deformasi dengan kaedah geodetik telah dibangunkan dengan jayanya. Perisian tersebut dibangunkan menggunakan bahasa pengaturcaraan Visual Basic 6.0 yang digabungkan bersama pengaturcaraan Fortran.

Perisian yang dihasilkan berupaya untuk menyelesaikan hitungan pelarasan jaringan untuk data cerapan dari dua epok. Hitungan pelarasan diselesaikan menggunakan teknik hitungan paling mudah iaitu konsep kekangan minima. Berikutnya, perisian FREDY04 direkabentuk untuk penyelesaian analisa deformasi secara rigorous dengan menggunakan kaedah yang dikenali sebagai Pendekatan Fredericton. Perisian FREDY04 juga disertakan dengan keupayaan untuk menyempurnakan prosidur analisis tren yang hasilnya dapat dipersembah dalam paparan grafik.

6.2 Kesimpulan

Secara ringkasnya dapatan kajian ini turut mengutarakan beberapa kesimpulan iaitu;

- i). Analisa deformasi merupakan satu aspek kerja geodetik yang memerlukan pelbagai prosidur hitungan yang perlu diselesaikan dengan menggunakan kaedah yang khusus dan meyakinkan.
- ii). Kajian yang dilaporkan telah menghuraikan mengenai pembangunan dan pelaksanaan analisa deformasi menggunakan data geodetik yang melibatkan cerapan sudut mengufuk dan jarak.
- iii). Keupayaan perisian FREDY04 dan juga kesesuaian metodologi analisa deformasi dengan Pendekatan Fredericton telah diuji untuk menganalisa jaringan deformasi bagi kes 2D.
- iv). Pelaksanaan tersebut membuktikan FREDY04 berjaya mengesan anjakan yang berlaku bagi satu kes deformasi yang telah disimulasikan.

6.3 Cadangan

Berikut dikemukakan pula beberapa cadangan sebagai lanjutan kepada kajian ini;

- 1. Rutin yang dibangunkan oleh FREDY04 adalah khusus untuk penyelesaian kes 2D sahaja. Oleh itu satu pembaikan perlu dilakukan untuk membolehkan hitungan analisa deformasi bagi kes 3D.
- 2. Data cerapan geodetik yang digunakan dalam kajian ini melibatkan hanya cerapan sudut dan jarak sahaja. Pada masa kini kerja ukur geodetik banyak menggunakan cerapan GPS, maka satu rutin baru perlu disediakan untuk memanfaatkan data cerapan GPS.

LAMPIRAN 1 - File Data Input: Epok 1

```
111
1
1
5
2 3 4 5 6
6
1 1000. 1000.
2 917.92 1135.601
3 978.762 1213.389
4 1085.941 1100.801
5 1135.186 957.097
6 999.649 960.443
1
2 5 129 24 20.00 1.0
23
1 2 3 25 33 9.0 2.0
1 2 4 71 38 10.0 2.0
1 2 5 138 47 37.0 2.0
2 3 4 63 40 13.0 2.0
2 3 5 91 22 30.0 2.0
2 3 1 110 46 57.0 2.0
2 3 6 116 57 19.0 2.0
3 4 5 12 11 30.0 2.0
3 4 6 38 52 3.0 2.0
3 4 1 37 54 21.0 2.0
3 4 2 81 37 9.0 2.0
4 5 6 50 29 58.0 2.0
4 5 1 59 22 2.0 2.0
4 5 2 120 37 3.0 2.0
4 5 3 155 19 40.0 2.0
5 6 1 16 11 36.0 2.0
5 6 2 37 59 33.0 2.0
5 6 3 57 11 18.0 2.0
5 6 4 69 40 11.0 2.0
6 2 4 56 35 48.0 2.0
6 2 5 116 25 40.0 2.0
6 2 1 25 31 19.0 2.0
6 2 3 20 17 36.0 2.0
15
1 2 5. 8. 158.510
1 3 5. 8. 214.446
1 4 5. 8. 132.465
1 5 5. 8. 141.831
1 6 5. 8. 39.560
2 3 5. 8. 98.755
2 4 5. 8. 171.585
2 5 5. 8. 281.189
2 6 5. 8. 193.285
3 4 5. 8. 155.444
3 5 5. 8. 300.255
3 6 5. 8. 253.810
4 5 5. 8. 151.907
4 6 5. 8. 164.762
5 6 5. 8. 135.575
```

Lampiran 1 - File Data Input: Epok 2

```

222
1
1
5
2 3 4 5 6
6
1 1000. 1000.
2 917.92 1135.601
3 978.762 1213.389
4 1085.941 1100.801
5 1135.186 957.097
6 999.649 960.443
1
2 5 129 24 20.00 1.0
23
1 2 3 25 33 30.0 2.00
1 2 4 71 38 15.0 2.00
1 2 5 138 47 38.0 2.00
2 3 4 63 33 4.0 2.00
2 3 5 91 15 20.0 2.00
2 3 1 110 39 47.0 2.00
2 3 6 116 50 5.0 2.00
3 4 5 12 10 46.0 2.00
3 4 6 38 55 11.0 2.00
3 4 1 37 52 25.0 2.00
3 4 2 81 41 54.0 2.00
4 5 6 50 29 53.0 2.00
4 5 1 59 22 3.0 2.00
4 5 2 120 37 5.0 2.00
4 5 3 155 22 6.0 2.00
5 6 1 16 11 38.0 2.00
5 6 2 37 59 33.0 2.00
5 6 3 57 13 4.0 2.00
5 6 4 69 40 12.0 2.00
6 2 3 20 20 20.0 2.00
6 2 5 116 25 45.0 2.00
6 2 4 56 40 11.0 2.00
6 2 1 25 31 19.0 2.0
15
1 2 5. 8. 158.510
1 3 5. 8. 214.361
1 4 5. 8. 132.464
1 5 5. 8. 141.831
1 6 5. 8. 39.559
2 3 5. 8. 98.840
2 4 5. 8. 171.585
2 5 5. 8. 281.189
2 6 5. 8. 193.286
3 4 5. 8. 155.255
3 5 5. 8. 300.096
3 6 5. 8. 253.732
4 5 5. 8. 151.908
4 6 5. 8. 164.762
5 6 5. 8. 135.578

```

LAMPIRAN 2

Keputusan Hitungan Pelarasan LSE (Epok 1 - Data Input: KES1A1.DAT)

Pelarasan LSE - Epok 1

=====

No. of Fix Station is [NF] 1

The Fixed Station is 1

No. of Station Parameter is [NPA] 5

Station Parameter Are 2 3 4 5 6

No. of Station in the Whole Network is [NP] 6

The Stations are 1 2 3 4 5 6

The Approximate Coordinates are:

=====

Titik No. Timuran - XY(I,1) Utaraan - XY(I,2)

1	1000.00000	1000.00000
2	917.92000	1135.60100
3	978.76200	1213.38900
4	1085.94100	1100.80100
5	1135.18600	957.09700
6	999.64900	960.44300

Total No of Azimuth Adopted [NB]: 1

2 5 129 24 20.0000 1.0000

Total No of Angles Observation is [NA]: 23

1	2	3	25	33	9.000	2.000
1	2	4	71	38	10.000	2.000
1	2	5	138	47	37.000	2.000
2	3	4	63	40	13.000	2.000
2	3	5	91	22	30.000	2.000
2	3	1	110	46	57.000	2.000
2	3	6	116	57	19.000	2.000

3	4	5	12	11	30.000	2.000
3	4	6	38	52	3.000	2.000
3	4	1	37	54	21.000	2.000
3	4	2	81	37	9.000	2.000
4	5	6	50	29	58.000	2.000
4	5	1	59	22	2.000	2.000
4	5	2	120	37	3.000	2.000
4	5	3	155	19	40.000	2.000
5	6	1	16	11	36.000	2.000
5	6	2	37	59	33.000	2.000
5	6	3	57	11	18.000	2.000
5	6	4	69	40	11.000	2.000
6	2	4	56	35	48.000	2.000
6	2	5	116	25	40.000	2.000
6	2	1	25	31	19.000	2.000
6	2	3	20	17	36.000	2.000

Total No of Distances Observation is [ND]: 15

1	2	158.510	5.000	8.000
1	3	214.446	5.000	8.000
1	4	132.465	5.000	8.000
1	5	141.831	5.000	8.000
1	6	39.560	5.000	8.000
2	3	98.755	5.000	8.000
2	4	171.585	5.000	8.000
2	5	281.189	5.000	8.000
2	6	193.285	5.000	8.000
3	4	155.444	5.000	8.000
3	5	300.255	5.000	8.000
3	6	253.810	5.000	8.000
4	5	151.907	5.000	8.000
4	6	164.762	5.000	8.000
5	6	135.575	5.000	8.000

Chi square test at 95 % level (darjah keyakinan)

Chi square factor 1 = 45.720

Chi square factor 2 = 16.050

ITERATION NO. 0 is in progress

Checking vtpv and vtpv/n-u

vtpv = .9271335304

A posteriori variance factor vtpv/n-u = .0319701217

Chi-squares test failed at 95% confidence level

.9271/ 45.72 < 1 < .9271/ 16.05

Chi-squares test failed at 95% confidence level

.020279 < 1 < .057765

Parameter prior to adjustment

=====

Titik No.	Timuran	Utaraan
1	1000.000000	1000.000000
2	917.920000	1135.601000
3	978.762000	1213.389000
4	1085.941000	1100.801000
5	1135.186000	957.097000
6	999.649000	960.443000

Final adjusted parameters

=====

Titik No.	Timuran (final)	Utaraan (final)
-----------	-----------------	-----------------

2	917.9202	1135.6013
3	978.7604	1213.3909
4	1085.9391	1100.8040
5	1135.1866	957.1014
6	999.6517	960.4434

ITERATION NO. 1 is in progress

Parameter prior to adjustment

=====

Titik No.	Timuran	Utaraan
1	1000.000000	1000.000000
2	917.920183	1135.601328
3	978.760408	1213.390866
4	1085.939067	1100.804038
5	1135.186630	957.101373
6	999.651739	960.443381

Final adjusted parameters

=====

Titik No. Timuran (final) Utaraan (final)

2	917.9202	1135.6013
3	978.7604	1213.3909
4	1085.9391	1100.8040
5	1135.1866	957.1014
6	999.6517	960.4434

LAMPIRAN 2

Keputusan Hitungan Pelarasan LSE
(Epok 2 - Data Input: KES1B1.DAT)

Pelarasan LSE - Epok 2

=====

No. of Fix Station is [NF] 1

The Fixed Station is 1

No. of Station Parameter is [NPA] 5

Station Parameter Are 2 3 4 5 6

No. of Station in the Whole Network is [NP] 6

The Stations are 1 2 3 4 5 6

The Approximate Coordinates are:

=====

Titik No. Timuran - XY(I,1) Utaraan - XY(I,2)

1	1000.00000	1000.00000
2	917.92000	1135.60100
3	978.76200	1213.38900
4	1085.94100	1100.80100
5	1135.18600	957.09700
6	999.64900	960.44300

Total No of Azimuth Adopted [NB]: 1

2 5 129 24 20.0000 1.0000

Total No of Angles Observation is [NA]: 23

1	2	3	25	33	30.000	2.000
1	2	4	71	38	15.000	2.000
1	2	5	138	47	38.000	2.000
2	3	4	63	33	4.000	2.000
2	3	5	91	15	20.000	2.000
2	3	1	110	39	47.000	2.000
2	3	6	116	50	5.000	2.000
3	4	5	12	10	46.000	2.000
3	4	6	38	55	11.000	2.000
3	4	1	37	52	25.000	2.000
3	4	2	81	41	54.000	2.000
4	5	6	50	29	53.000	2.000
4	5	1	59	22	3.000	2.000
4	5	2	120	37	5.000	2.000
4	5	3	155	22	6.000	2.000
5	6	1	16	11	38.000	2.000
5	6	2	37	59	33.000	2.000
5	6	3	57	13	4.000	2.000
5	6	4	69	40	12.000	2.000
6	2	3	20	20	20.000	2.000
6	2	5	116	25	45.000	2.000
6	2	4	56	40	11.000	2.000
6	2	1	25	31	19.000	2.000

Total No of Distances Observation is [ND]: 15

1	2	158.510	5.000	8.000
1	3	214.361	5.000	8.000
1	4	132.464	5.000	8.000
1	5	141.831	5.000	8.000
1	6	39.559	5.000	8.000
2	3	98.840	5.000	8.000
2	4	171.585	5.000	8.000
2	5	281.189	5.000	8.000
2	6	193.286	5.000	8.000
3	4	155.255	5.000	8.000
3	5	300.096	5.000	8.000
3	6	253.732	5.000	8.000
4	5	151.908	5.000	8.000
4	6	164.762	5.000	8.000
5	6	135.578	5.000	8.000

Chi square test at 95 % level (darjah keyakinan)

Chi square factor 1 = 45.720
Chi square factor 2 = 16.050

ITERATION NO. 0 is in progress

Checking vtpv and vtpv/n-u

vtpv = .6115164283

A posteriori variance factor vtpv/n-u = .0210867734

Chi-squares test failed at 95% confidence level

.6115/ 45.72 < 1 < .6115/ 16.05

Chi-squares test failed at 95% confidence level

.013375 < 1 < .038101

Analisa statistik
Ujian Chi-squares
=====

Chi squares value obtains from routine Chi95

chip2 = 45.722 chip1 = 16.047

.013 <= 1 <= .038

==> Ujian chi-squares ke atas varians aposteriori tidak berjaya

Parameter prior to adjustment

=====

Titik No.	Timuran	Utaraan
1	1000.000000	1000.000000
2	917.920000	1135.601000
3	978.762000	1213.389000
4	1085.941000	1100.801000
5	1135.186000	957.097000
6	999.649000	960.443000

Final adjusted parameters

=====

Titik No. Timuran (final) Utaraan (final)

2	917.9187	1135.5999
3	978.9716	1213.3294
4	1085.9383	1100.8026
5	1135.1864	957.0989
6	999.6494	960.4427

ITERATION NO. 1 is in progress

Parameter prior to adjustment

=====

Titik No.	Timuran	Utaraan
1	1000.000000	1000.000000
2	917.918656	1135.599915
3	978.971557	1213.329385

4	1085.938318	1100.802576
5	1135.186364	957.098925
6	999.649428	960.442716

Final adjusted parameters

=====

Titik No. Timuran (final) Utaraan (final)

2	917.9187	1135.5999
3	978.9714	1213.3293
4	1085.9383	1100.8026
5	1135.1864	957.0989
6	999.6494	960.4427

LAMPIRAN 2

Keputusan Fredricton Analysis : Epok 1(Kes1A1) & Epok 2 (Kes 1B1)

-----Sudut-----

Stn :	1	Pass --->	6	Fail --->	9
Stn :	2	Pass --->	4	Fail --->	11
Stn :	3	Pass --->	0	Fail --->	15
Stn :	4	Pass --->	5	Fail --->	10
Stn :	5	Pass --->	6	Fail --->	9
Stn :	6	Pass --->	6	Fail --->	9

-----Jarak-----

Stn :	1	Pass --->	4	Fail --->	1
Stn :	2	Pass --->	4	Fail --->	1
Stn :	3	Pass --->	0	Fail --->	5
Stn :	4	Pass --->	4	Fail --->	1
Stn :	5	Pass --->	3	Fail --->	2
Stn :	6	Pass --->	3	Fail --->	2

-----Keseluruhan-----

Stn :	1	Lulus --->	10	Gagal --->	10
Stn :	2	Lulus --->	8	Gagal --->	12
Stn :	3	Lulus --->	0	Gagal --->	20
Stn :	4	Lulus --->	9	Gagal --->	11
Stn :	5	Lulus --->	9	Gagal --->	11
Stn :	6	Lulus --->	9	Gagal --->	11

LAMPIRAN 3

FREDY04

Program Analisa Deformasi Kaedah Fredericton

Panduan Pengguna

Kandungan

Bab 1	PENGENALAN	73
Bab 2	INSTALASI	74
2.1	Pendahuluan	74
2.2	Instalasi FREDY04	74
2.3	Memulakan Program FREDY04	75
Bab 3	MENGGUNAKAN PROGRAM FREDY04	76
3.1	Pendahuluan	76
3.2	Menu Utama	76
3.3	Open	77
3.4	Least Square Estimation Deformation Analysis	78
3.5	Fredericton Analysis	80
3.6	Graphic Presentation	81
3.7	Info	84
3.8	Help	84
3.9	Save	85
3.10	Quit	86

Bab 1 PENGENALAN

Program FREDY04 merupakan program yang dibangun bertujuan untuk menjalankan analisa deformasi Kaedah Fredericton. Ianya dibangun menggunakan perisian Visual Basic 6.0. FREDY04 turut dihubungkan dengan program yang dibina menggunakan bahasa pengaturcaraan Microsoft Fortran Powerstation sebagai program untuk hitungan. Terdapat tiga komponen utama di dalam program FREDY04 iaitu Least Square Estimation Deformation Analysis, Fredericton Analysis, dan Graphic Presentation.

1. Least Square Estimation Deformation Analysis

Memaparkan hasil hitungan LSE yang dihitung dari fail Fortran. Antara hasil proses pelarasan yang akan dipaparkan di dalam tettingkap pelarasan ialah keputusan ujian global (Ujian X^2), hasil pengesanan selisih kasar (Baarda) serta hasil-hasil pelarasan dalam setiap iterasi.

2. Fredericton Analysis

Memaparkan hasil analisa Fredericton. Hasil daripada analisa ini akan dipaparkan dalam dua *text editor*. *Text editor* yang pertama akan memaparkan hasil pengiraan Ujian F bagi cerapan quasi yang dihitung manakala *text editor* yang kedua akan memaparkan jumlah kegagalan Ujian F tersebut yang akan menentukan kestabilan stesen.

3. Graphic Presentation

Memaparkan grafik bagi menunjukkan parameter elips bagi jaringan ukur.

Bab 2 INSTALASI

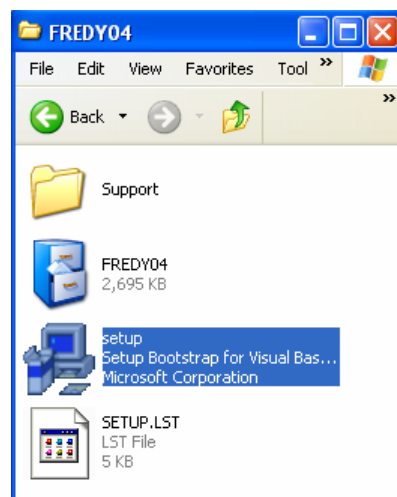
2.1 Pendahuluan

Bab ini menerangkan langkah-langkah mudah yang diperlukan untuk proses instalasi program FREDY04.

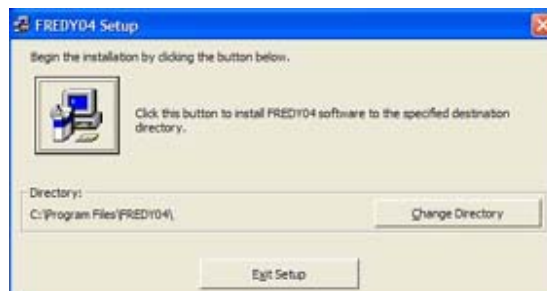
2.2 Instalasi FREDY04

Masukkan cakera padat (cd-rom) yang mengandungi program FREDY04 ke dalam pemacu yang berkenaan. Ikuti langkah-langkah berikut:

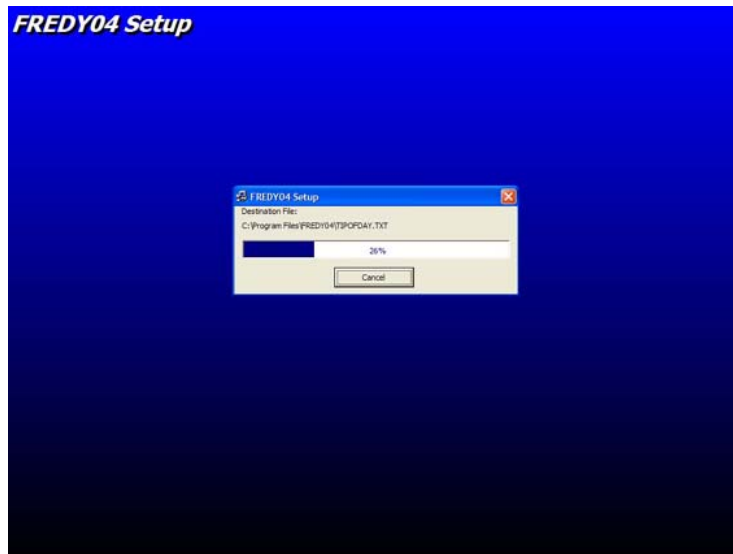
1. Buka direktori FREDY04. Klik dua kali pada ikon **Setup**.



2. Ikuti arahan seterusnya. Setup akan meminta anda menyatakan lokasi di mana program ini akan diletakkan. Pilih destinasi yang telah ditentukan di "C:\Program Files\FREDY04" atau pilih destinasi lain dengan menekan butang **Change Directory**. Ikuti arahan seterusnya.



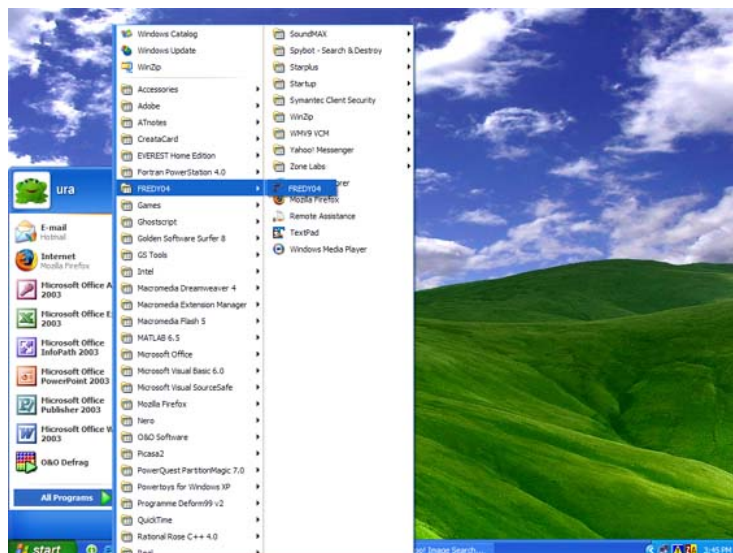
3. Proses instalasi akan diteruskan.



4. Apabila proses instalasi selesai, program FREDY04 telah sedia untuk dimulakan.

2.3 Memulakan Program FREDY04

1. Untuk memulakan program FREDY04, tekan **Start > All Programs > FREDY04**, dan klik pada **FREDY04**.



2. Rujuk Bab 3 untuk panduan menggunakan program FREDY04.

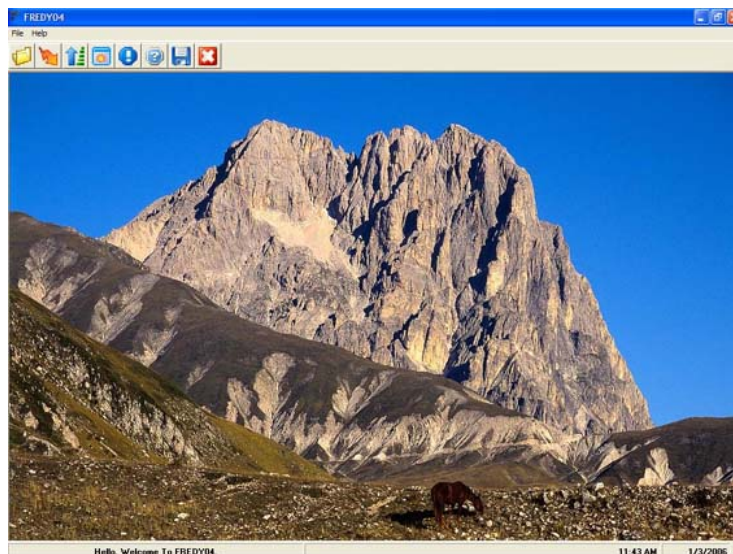
Bab 3 MENGGUNAKAN PROGRAM FREDY04

3.1 Pendahuluan

Terdapat tiga komponen utama di dalam program FREDY04 yaitu Least Square Estimation Deformation Analysis, Fredericton Analysis, dan Graphic Presentation. Komponen-komponen tersebut boleh dicapai dengan menekan butang-butang yang berkenaan, yang terdapat di “Toolbar” menu utama. Open, Info, Help, Save, dan Quit adalah antara butang lain yang terdapat di “Toolbar” tersebut.

3.2 Menu Utama

Berikut adalah tettingkap Kawalan Utama program FREDY04. Komponen-komponen utama boleh dicapai melalui tettingkap Kawalan Utama ini.



Butang-butang pada “Toolbar” memudahkan capaian kepada fungsi-fungsi utama program FREDY04:



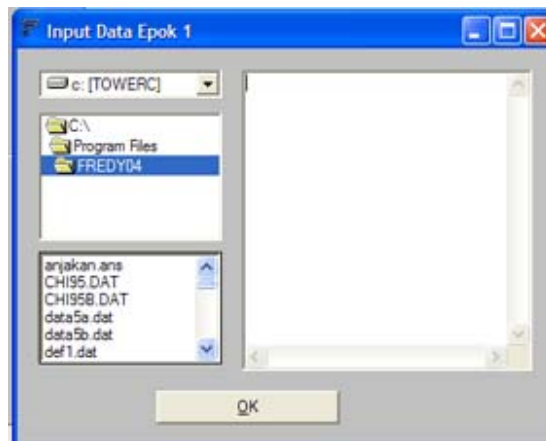
(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h)

- (a) Open
- (b) Least Square Estimation Deformation Analysis
- (c) Fredericton Analysis
- (d) Graphic Presentation
- (e) Info
- (f) Help
- (g) Save
- (h) Quit

3.3 Open

Program FREDY04 menggunakan fail berbentuk teks sebagai inputnya. Kandungan fail input ini mempunyai format yang tertentu bagi membolehkannya diproses oleh program FREDY04. Klik butang **Help** pada tettingkap **Kawalan Utama** untuk melihat contoh format fail input.

1. Tentukan fail-fail input yang akan diproses oleh program FREDY04 dengan menekan butang **Open**.



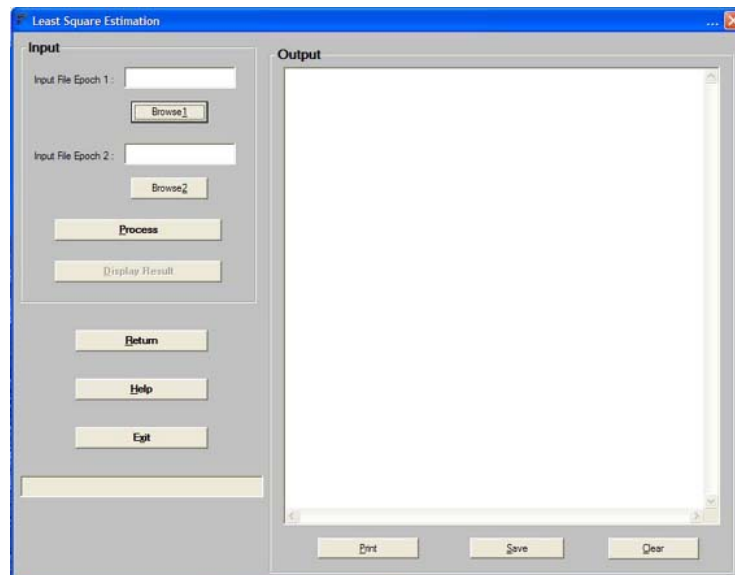
2. Kandungan fail akan dipaparkan di kotak kanan tettingkap **Input Data Epok 1**. Semak samada kandungan fail input ini memenuhi format data yang dikehendaki oleh program FREDY04. Klik **OK** untuk memilih fail tersebut.
3. Seterusnya, tettingkap **Input Data Epok 2** pula akan dipaparkan.
4. Pilih fail yang dikehendaki dan klik **OK**.

5. Apabila proses menentukan kedua-dua fail ini selesai, program akan kembali ke tettingkap **Kawalan Utama**.
6. Klik butang yang berkaitan mengikut jenis analisa yang hendak dilakukan.

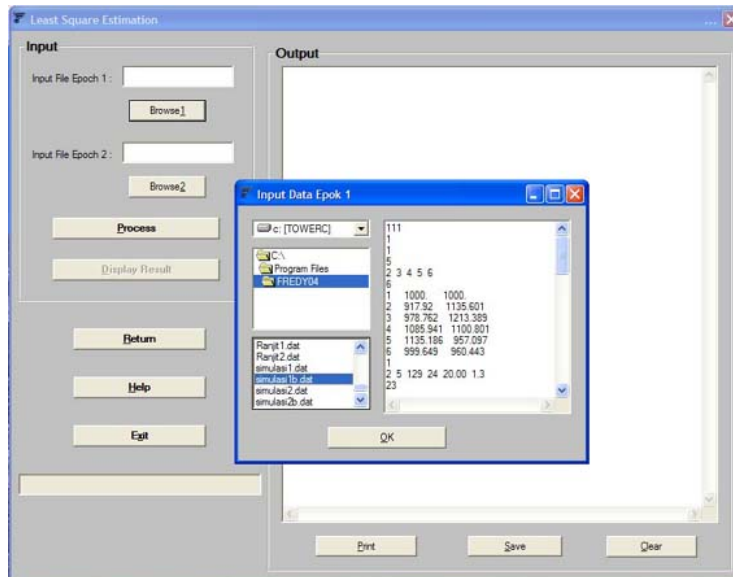
3.4 Least Square Estimation Deformation Analysis

Analisa deformasi Least Square Estimation dilakukan dengan:

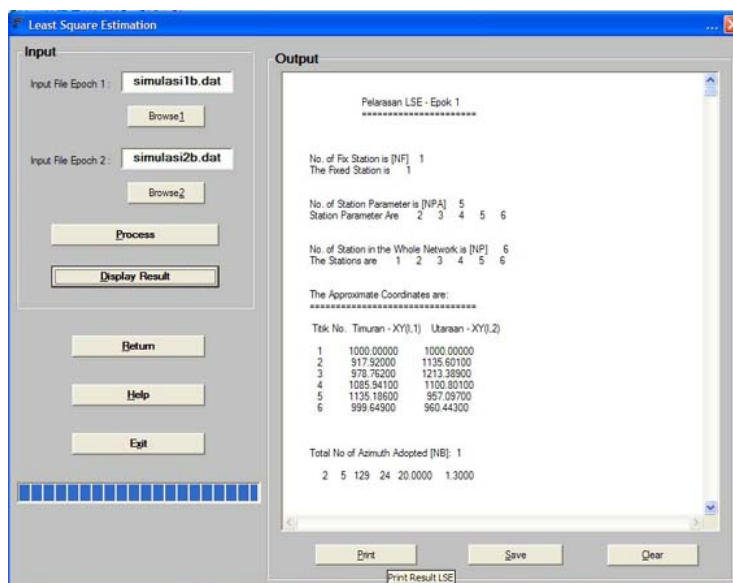
1. Klik butang **Least Square Estimation Deformation Analysis**. Tetingkap berikut akan dipaparkan.



2. Tentukan dua fail input yang hendak dianalisa dengan menekan butang **Browse1** untuk fail input epok 1 dan butang **Browse2** untuk fail input epok 2. Jika pilihan fail-fail epok telah dibuat menggunakan butang **Open**, nama-nama fail tersebut akan sedia terpapar. Kandungan fail akan dipaparkan pada tettingkap **Output**. Semak samada kandungan fail input ini memenuhi format data yang dikehendaki oleh program FREDY04.



3. Seterusnya klik butang **Process** supaya kedua-dua fail input tadi dapat dianalisa. Klik **Display Result** agar hasil analisa dipaparkan pada kekotak **Output**.

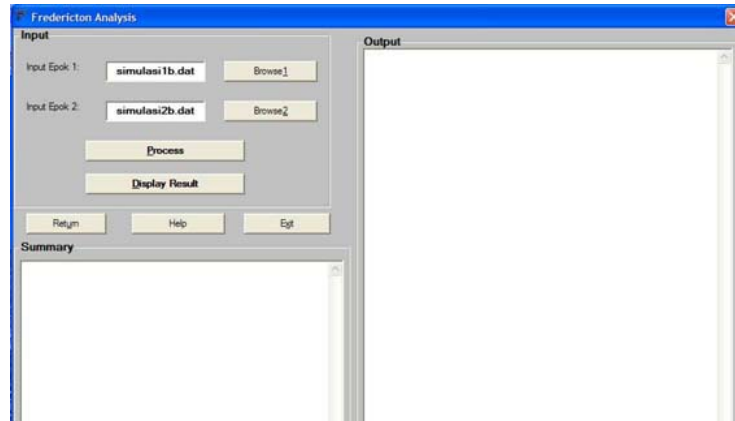


4. Klik **Print** untuk mencetak hasil analisa.
5. Klik **Save** untuk menyimpan hasil analisa.
6. Klik **Clear** untuk mengosongkan kekotak **Output**.

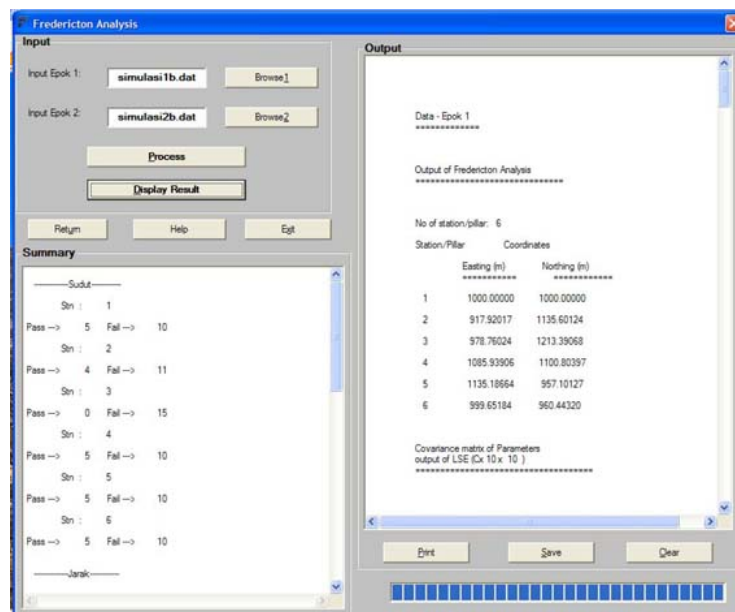
3.5 Fredericton Analysis

Fredericton Analysis dilakukan dengan:

1. Klik butang **Fredericton Analysis**. Tetingkap berikut akan dipaparkan.



2. Tentukan dua fail input yang hendak dianalisa dengan menekan butang **Browse1** untuk fail input epok 1 dan butang **Browse2** untuk fail input epok 2. Jika pilihan fail-fail epok telah dibuat menggunakan butang **Open**, nama-nama fail tersebut akan sedia terpapar.
3. Seterusnya klik butang **Process** supaya kedua-dua fail input tadi dapat dianalisa. Klik **Display Result** agar hasil analisa dipaparkan pada kekotak **Output**.

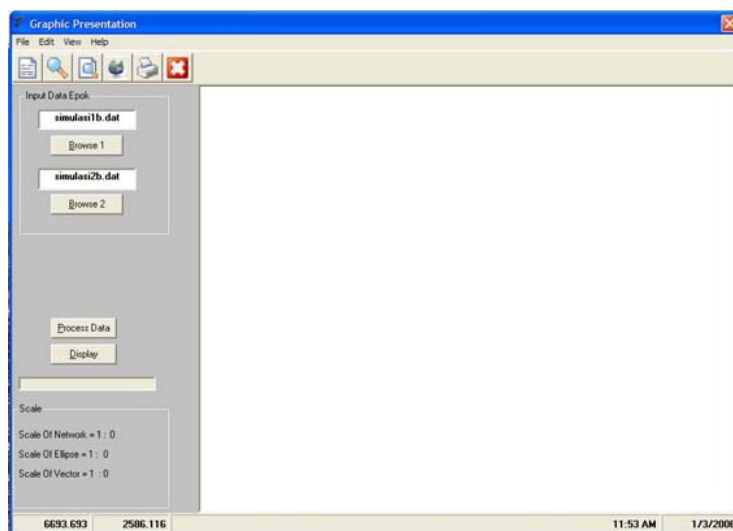


4. Klik **Print** untuk mencetak hasil analisa.
5. Klik **Save** untuk menyimpan hasil analisa.
6. Klik **Clear** untuk mengosongkan kotak **Output**.

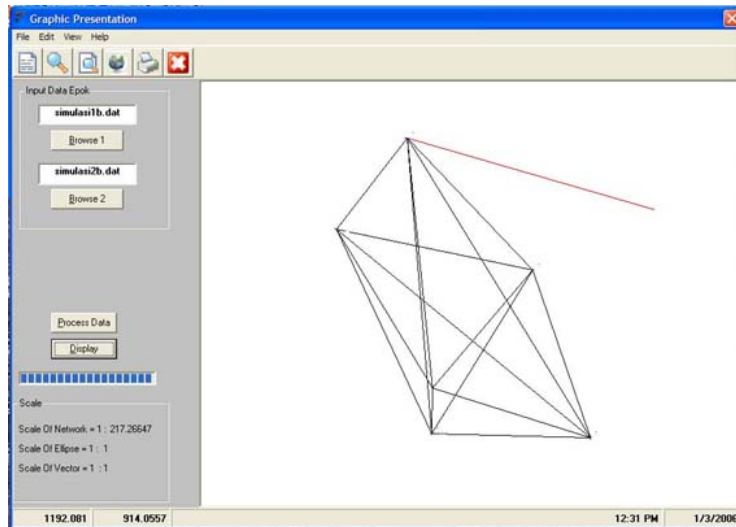
3.6 Graphic Presentation

Graphic Presentation dilakukan dengan:

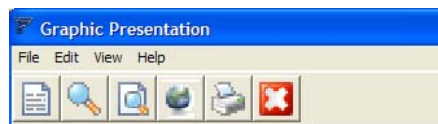
1. Klik butang **Graphic Presentation**. Tetingkap berikut akan dipaparkan.



2. Tentukan dua fail input yang hendak dianalisa dengan menekan butang **Browse1** untuk fail input epok 1 dan butang **Browse2** untuk fail input epok 2. Jika pilihan fail-fail epok telah dibuat menggunakan butang **Open**, nama-nama fail tersebut akan sedia terpapar.
3. Seterusnya klik butang **Process Data** supaya kedua-dua fail input tadi dapat dianalisa. Klik **Display** agar hasil analisa dipaparkan pada kotak kanan tetingkap **Graphic Presentation**.



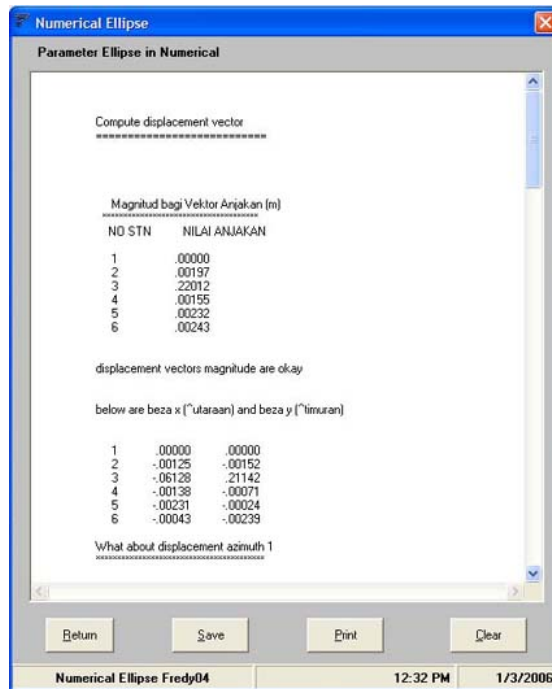
4. Berikut adalah butang-butang tambahan pada **Toolbar** tettingkap **Graphic Presentation**.



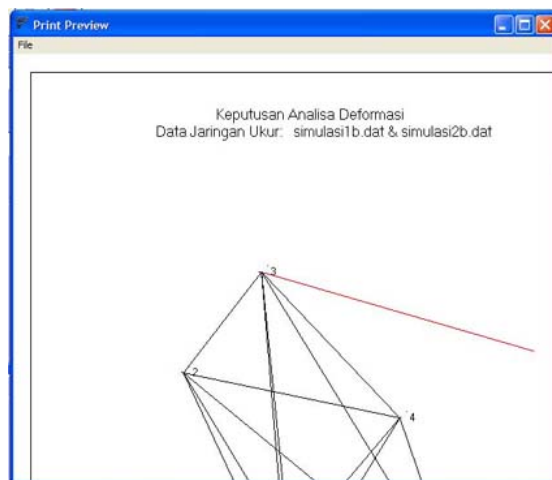
(a) (b) (c) (d) (e) (f)

- (a) Numerical for Parameter Ellipse
- (b) Full View
- (c) Print Preview
- (d) Return
- (e) Print
- (f) Exit

5. Butang **Numerical for Parameter Ellipse** akan memberikan paparan berikut:



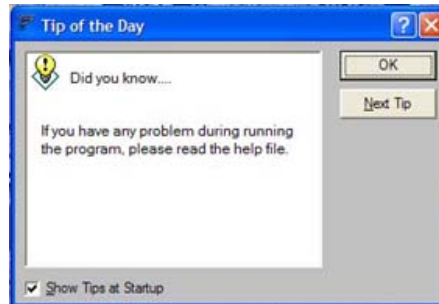
6. Manakala butang **Print Preview** akan memberikan paparan penuh keputusan analisa deformasi dalam bentuk grafik.



3.7 Info

Butang **Info** pada tetingkap **Kawalan Utama** program FREDY04 akan memaparkan panduan-panduan berkenaan penggunaan program ini.

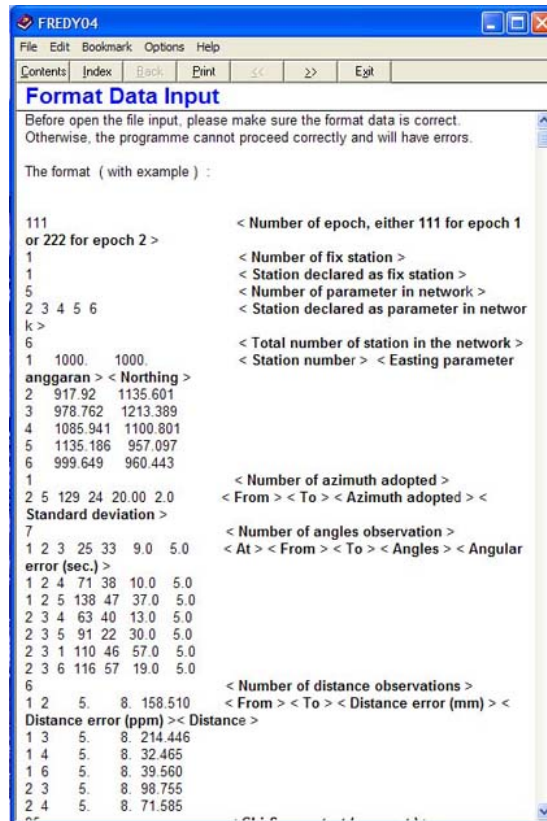
1. Klik butang **Info**. Tetingkap berikut akan dipaparkan. Tetingkap ini turut dipaparkan secara automatik ketika program FREDY04 dimulakan.



3.8 Help

Untuk mendapatkan bantuan berkenaan penggunaan program FREDY04 serta format data bagi kandungan fail input:

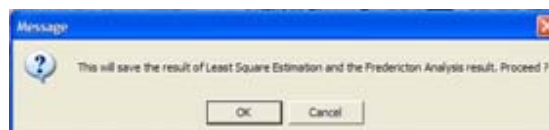
1. Klik butang **Help**. Tetingkap berikut akan dipaparkan.



3.9 Save

Untuk menyimpan semua kerja-kerja yang telah dibuat:

1. Klik butang **Save**. Tetingkap berikut akan dipaparkan.

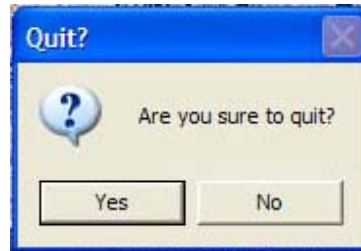


2. Klik butang **OK**.

3.10 Quit

Untuk keluar dari program FREDDY04:

1. Klik tombol **Quit**. Tetingkap berikut akan dipaparkan.



2. Klik tombol **Yes**.

ABSTRAK

Ukur deformasi dengan kaedah geodetik telah diguna pakai untuk berbagai pemakaian seperti pengawasan struktur kejuruteraan, mengesan mendapan tanah dan berbagai pemakaian lain yang seumpamanya. Oleh itu, analisa deformasi telah menjadi suatu disiplin yang diselidiki oleh banyak para profesional, bukan sahaja juruukur malah oleh para jurutera geoteknik dan struktur, dan juga oleh profesional lain seperti para geofizik dan ahli geologi.

Salah satu tugas utama dalam analisa deformasi adalah menyelesaikan pelarasan kuasa dua terdikit yang melibatkan data cerapan geodetik dalam dua epok. Selain itu, terdapat satu lagi aspek penting dalam analisa tersebut iaitu hal yang melibatkan pemilihan stesen kawalan yang betul sebagai datum untuk hitungan pelarasan. Berikutnya, hasil yang diperolehi dari hitungan pelarasan perlu dianalisa lebih lanjut bagi mendapatkan gambaran mengenai deformasi yang berlaku. Gambaran deformasi berkenaan akan lebih mudah dilihat sekiranya ia dapat dipaparkan dalam bentuk analisis trend.

Penulisan laporan ini menerangkan tentang usaha untuk membangunkan perisian Fredy04, iaitu satu perisian yang bertujuan untuk menganalisa deformasi dengan kaedah geodetik. Proses hitungan yang diguna pakai dalam perisian tersebut adalah berdasarkan metodologi yang dikenali sebagai Pendekatan Fredericton. Berikutnya, perisian yang dibangunkan telah diimplemen untuk menganalisa deformasi satu jaringan simulasi mengandungi cerapan geodetik dalam bentuk sudut dan jarak.

ABSTRACT

Geodetic deformation surveys have been used in many tasks such as the monitoring of engineering structures, land subsidence and other related applications. As results, the analysis of deformation has become a subject of intensive studies of many professional groups which besides surveyors and geodesist include geotechnical and structural engineers, as well as geophysists and geologists.

One of the main tasks in deformation analysis is the handling of least squares adjustment of the two-epochs of geodetic observations data. Another important aspect in such analysis is on the question of selecting a proper control point as datum in the adjustment computation. The adjustment results were then further analyzed to obtain a clear picture of deformation. One way of depicting the deformation is by creating a graphical trend analysis.

This report describes the effort of developing Fredy04, a software for analyzing the deformation using geodetic methods. The computational methodology adopted in the software is based on the methodology known as the Fredericton Approach. The working procedures of the software were then implemented to analyze the deformation of a simulation deformation network which consist of geodetic observations in the form angle and distance measurements.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
BAB 1	PENGENALAN	
1.1	Pendahuluan	1
1.2	Skop analisa deformasi	3
1.3	Pernyataan masalah	4
1.4	Objektif kajian	5
1.5	Organisasi penulisan	6
BAB 2	PROSIDUR ANALISA DEFORMASI	
2.1	Pendahuluan	7
2.2	Pra-analisis	8
2.3	Pengukuran & cerapan lapangan	8
2.4	Hitungan pelarasan jaringan	10
2.5	Menghitung vector anjakan	10
2.6	Prosidur khusus analisa deformasi	11
2.6.1	Analisa pasca hitungan pelarasan	12
2.6.2	Pengesanan selisih kasar	13
2.6.3	Penentuan kestabilan stesen kawalan	14
2.6.4	Analisis tren	16
BAB 3	PENDEKATAN FREDERICTON	
3.1	Latar belakang	18

3.2	Prinsip asas Kaedah Fredericton	18
3.2.1	Penskrinan data cerapan dan pelarasan	19
3.2.2	Penentuan anjakan pillar	20
3.3	Prosidur Analisa Pendekatan Fredericton	22
3.3.1	Hitungan pelarasan kuasa dua terkecil	22
3.3.2	Hitungan cerapan quasi I_i	22
3.3.3	Menerbitkan matriks reka bentuk (A_i) cerapan quasi	25
3.3.4	Dimensi matriks reka bentuk	26
3.3.5	Elemen matriks reka bentuk	26
3.3.6	Hitungan matriks kovarians cerapan quasi	28
3.3.7	Vektor perubahan cerapan quasi	28
3.3.8	Matriks kovarians perbezaan cerapan quasi	29
3.4	Analisa ujian F satu dimensi	29

BAB 4 PERISIAN FREDT04

4.0	Pengenalan	31
4.1	Perkakasan	31
4.2	Reka bentuk perisian	32
4.3	Komponen perisian FREDY04	33
4.3.1	Tetingkap kawalan utama	34
4.3.2	Tetingkap pelarasan kuasa dua terkecil	35
4.3.3	Tetingkap MINQE	37
4.3.4	Tetingkap Analisa Fredericton	38
4.3.5	Tetingkap pemaparan grafik	39
4.3.6	Numerikal parameter elips	40
4.3.7	Tetingkap Help	41
4.3.8	Tetingkap Welcome dan Tetingkap Tips	43
4.4	Kaedah pemasangan perisian	43

BAB 5 PELAKSANAAN ANALISA DEFORMASI DENGAN FREDY04

5.1	Pendahuluan	46
5.2	Pengukuran & cerapan lapangan	46
5.3	Implementasi hitungan pelarasan jaringan	50
5.4	Analisis pasca hitungan pelarasan	50
5.5	Analisis tren	51
5.6	Hitungan Pendekatan fredericton	
5.7	Analisa deformasi muktamad	54

BAB 6 KESIMPULAN

6.1	Pendahuluan	55
6.2	Kesimpulan	56
6.3	Cadangan	56

SENARAI RUJUKAN 57-58

LAMPIRAN 59-86

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
3.1	Elemen cerapan quasi bagi triangulasi	25
3.2	Elemen cerapan quasi & koordinat terlaras	27
3.3	Hitungan vektor perbezaan cerapan quasi	29
5.1	Data cerapan jarak	48
5.2	Senarai cerapan sudut mengufuk	49
5.3	Keputusan hitungan pelarasan	50
5.4	Butiran bagi analisis pasca pelarasan	51
5.5	Keputusan ujian chi-squares	51
5.6	Anjakan koordinat di antara epok 1 dan 2	52
5.7	Hasil analisis kestabilan stesen kawalan	53

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Ukur deformasi struktur jambatan menggunakan GPS	2
1.2	Ukur deformasi di Empangan Elektrik Hidro Kenyir	2
1.3	Jaringan absolut ukur deformasi empangan	4
1.4	Pemakaian alat pendulum untuk perolehan data dengan peralatan geoteknik	4
2.1	Simulasi jaringan kawalan ukur deformasi	9
2.2	Contoh pillar yang terdapat di stesen kawalan jaringan deformasi	14
2.3	Deformasi palsu akibat kesilapan memilih datum	15
2.4	Analisis tren bagi ukur deformasi struktur empangan	17
3.1	Algoritma prosidur pendekatan Fredericton	21
4.1	Reka bentuk perisian FREDY04	33
4.2	Komponen-komponen utama FREDY04	34
4.3	Tetingkap kawalan utama	35
4.4	Tetingkap pelarasan kuasa dua terkecil (LSE)	36
4.5	Operasi browsing fail input	36
4.6	Progress bar	37
4.7	Pertanyaan paparan MINQE	37
4.8	Paparan Hasil MINQE	38

4.9	Tetingkap Analisa Fredericton	39
4.10	Tetingkap paparan grafik	40
4.11	Tetingkap numerikal parameter elips	41
4.12	Kandungan Tetingkap Help	42
4.13	Contoh paparan Help	42
4.14	Tetingkap Welcome	43
4.15	Tetingkap Help	43
4.16	Ikon setup dalam folder FREDY04	44
4.17	Pemilihan kemasukan Directory file FREDY04	44
4.18	Ikon FREDY04 dalam menu Startup	45
5.1	Simulasi jaringan kawalan ukur deformasi	47

SENARAI LAMPIRAN

NO. LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
1	File Data Input: Epok 1	59
	File Data Input: Epok 2	60
2	Keputusan Hitungan Pelarasan LSE	61-69
	Keputusan Fredericton Analysis	70
3	Manual Pengguna Pakej Fredy04	71-86

SENARAI RUJUKAN

Chrzanowski, A., X. Ding, G. Roberts & C. Whitaker (2003) "Goals and achievements of FIG Working Group WG6.1 – Deformation measurements and analysis" Proceedings of the 11th International Symposium on Deformation Measurements, Santorini, Greece, 25-28 May, pp.5-14.

Chrzanowski, A., Y. Q. Chen, J. M. Secord & A. S. Chrzanowski (1991). "Problems and solutions in the integrated monitoring and analysis of dam deformations." CISM Journal, Vol. 45, No. 4, pp. 547-560.

Chrzanowski A., (1985). Analysis of Deformation Survey. Lecture Notes. Department of Surveying Engineering, UNB.

Chrzanowski, A. et. al., (1981). "A comparison of different approaches into the analysis of deformation measurements." Report of the Ad Hoc Committee on the Analysis of Deformation Surveys. Proceedings of FIG XVI International Congress, Montreaux.

Ernyza Endot (2004). Pembangunan Perisian Analisa Deformasi Kaedah Fredericton. Projek Sarjana Muda, Fakulti Kej & Sains Geoinformasi, UTM Skudai.

Khairul Nizam M Idris (2001). Analisis Deformasi Jaringan Simulasi Di UTM Skudai. Projek Sarjana Muda, Fakulti Kej & Sains Geoinformasi, UTM Skudai.

Mohd Izzudin Ali (2005). Penghasilan Elemen Grafik Untuk Analisis Tren Dalam Analisa Deformasi. Projek Sarjana Muda, Fakulti Kej & Sains Geoinformasi, UTM Skudai.

Ng Ah Lee, (1993). Menganalisa Kestabilan Pillar Bagi Satu Jaringan Deformasi. Tesis Sarjana Muda, Fakulti Ukur, UTM Skudai.

Secord, J. M., (1981). Implementing the Fredericton Approach to Deformation Microgeodetic Network Analysis. BscE Thesis, Dept. of Surveying Engineering, UNB.

Zainal Abidin Md Som (2002). Ukur Deformasi – Pengenalan dan Prosedur Analisa Deformasi. Monograf, Center for Industrial Measurement & Engineering Surveying (CIMES), Fakulti Kejuruteraan & Sains Geoinformasi, UTM Skudai.

Zainal Abidin Md Som (1997). Penggunaan Pendekatan Fredericton Dalam Menganalisa Kestabilan Pillar Bagi Jaringan Deformasi. Laporan Akhir Projek Penyelidikan (Vot 61833). UTM Skudai